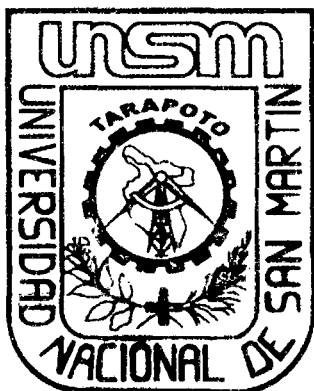


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**"ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL  
SUELO DEL DISTRITO DE MORALES"**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

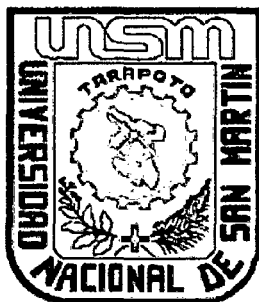
**PRESENTADA POR EL BACHILLER:  
CÉSAR AUGUSTO ROCHA SANDOVAL**

**ASESOR:  
Ing. HUGO SÁNCHEZ MERCADO**

**TARAPOTO - PERÚ  
2010**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**T E S I S**

**"ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE  
DEL SUELO DEL DISTRITO DE MORALES"**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER:**

**CESAR AUGUSTO ROCHA SANDOVAL**

**Asesor:**

**ING° HUGO SANCHEZ MERCADO**

**TARAPOTO - PERU**

**2,010**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**T E S I S**

**“ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE  
DEL SUELO DEL DISTRITO DE MORALES”**

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**POR EL BACHILLER:**

**CESAR AUGUSTO ROCHA SANDOVAL**

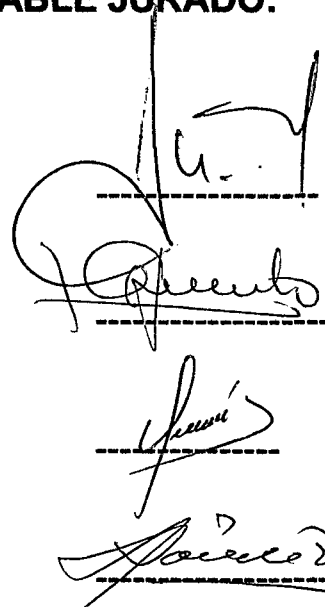
**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:**

**Presidente: Ing° JORGE ISAACS RIOJA DIAZ**

**Secretario : Ing° WILTON CELIS ANGULO**

**Miembro : Ing° VICTOR SAMAME ZATTA**

**Asesor : Ing° HUGO SANCHEZ MERCADO**



## **DEDICATORIA**

*A mis queridos padres,*

*SANTIAGO y OFELIA, quienes  
siempre han sido ejemplo en vida  
y con su inmenso amor,  
compresión y apoyo  
incondicional supieron guiarme  
para la feliz culminación de mi  
carrera profesional.*

*A mis queridas hermanas,*

*LORENA Y CAROLINA, por  
acompañarme y aconsejarme en  
todos los momentos difíciles de mi  
vida y por estar siempre junto a mí.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A DIOS,*

*Por ser el sentido de mi vida y  
haber iluminado mi mente, para  
lograr mis aspiraciones con todo  
éxito.*

*Mi más profundo y sincero  
agradecimiento a todo el  
personal docente y  
administrativo de la Facultad  
de Ingeniería Civil – UNSM,  
que han contribuido en mi  
formación profesional y de  
manera especial a mí Asesor:*

**Ing. HUGO SANCHEZ  
MERCADO**

## **INDICE**

	<b>PAG</b>
<b>DEDICATORIA</b>	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iv
<b>CAPÍTULO I:        <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	
1.1.- ALCANCES	2
1.1.1.- UBICACIÓN	2
1.1.2.- VIAS DE COMUNICACIÓN	2
1.1.3.- CARRETERAS SECUNDARIAS	2
1.1.4.- CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA	2
1.1.5.- CLIMA	2
1.1.6.- PRECIPITACIÓN	3
1.1.7.- TEMPERATURA	3
1.1.8.- VIENTOS	3
1.1.9.- HUMEDAD RELATIVA	4
1.2.- LIMITACIONES	4
<b>CAPÍTULO II:       <u>MARCO TEÓRICO</u></b>	
2.1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION	5
2.1.1.- ANTECEDENTES	5
2.1.2.- JUSTIFICACIÓN	5
2.2.- OBJETIVOS	5
2.2.1.- OBJETIVO PRINCIPAL	5
2.2.2.- OBJETIVOS SECUNDARIOS	6
2.3.- DEFINICION DE TEMINOS BÁSICOS	6
2.3.1.- ASPECTOS GEOLOGICOS-GEOTECNICOS	6
2.3.1.1.- ASPECTOS DE MECANICA DE SUELOS	6
2.3.1.2.-LA TECTÓNICA DE PLACAS	7
2.3.2.- EL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS	9
2.3.2.1.- MOVIMIENTO DE LAS PLACAS	11
2.3.3.- GEOLOGÍA REGIONAL	11

2.3.3.1.-GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	13
2.3.3.2.- LA CORDILLERA TANGARANA	14
2.3.3.3.- LA CORDILLERA ESCALERA	14
2.3.3.4 CORDILLERA AZUL	15
2.3.3.5.- DEPRESIÓN TECTÓNICA DEL BAJO MAYO	15
2.3.3.6.- COLINA ALTA ANTICLINAL SAN ANTONIO	16
2.3.4.- ESTRATIGRAFÍA REGIONAL	16
2.3.4.1 GEOLOGÍA LOCAL	16
2.3.4.2.- ESTUDIO PETROGRÁFICO	18
2.3.4.3.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	18
2.3.5.- OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y PROFUNDIDAD DE LAS EXCAVACIONES	19
2.3.5.1.- IMPORTANCIA DEL MUESTREO	19
2.3.5.2.- NECESIDAD DEL CONOCIMIENTO DE LA TOPOGRAFÍA DEL LUGAR	19
2.3.5.3.- ZONIFICACIÓN EN BASE A LA CLASIFICACIÓN DE CAMPO	19
2.3.5.4.- MUESTREO EN EL CAMPO	20
2.3.5.4.1.- MUESTRAS ALTERADAS	20
2.3.5.4.2.- MUESTRAS INALTERADAS	21
2.3.5.4.3.- PROFUNDIDAD DE LAS EXCAVACIONES	22
2.3.5.5.- PERFIL DE SUELOS	22
2.3.5.5.1.- DISGREGACIÓN DE MUESTRAS ALTERADAS	23
2.3.5.5.2.- PROCESO DE CUARTEO DE MUESTRAS ALTERADAS	23
2.3.6.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELO	23
2.3.6.1.- CONTENIDO DE HUMEDAD	23
2.3.6.2.- GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS	24
CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS POR SU TAMAÑO	
2.3.6.3.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	24
2.3.6.4.- CURVAS GRANULOMÉTICAS	27
2.3.6.5.- DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD EN EL CAMPO	30
2.3.6.6.- MÉTODO DEL CONO DE ARENA	30
2.3.6.7.- LIMITE DE ATTERBERG	33
2.3.6.7.1.- LÍMITES LÍQUIDO	34
2.3.6.7.2.- LIMITE PLÁSTICO	37
2.3.6.7.3.- LÍMITE DE CONTRATACIÓN	39
2.3.7.- ÍNDICE DE PLASTICIDAD	41
2.3.8.- CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	42
2.3.8.1.- SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA AASHTO	42
2.4.- HIPOTESIS	43

### **CAPÍTULO III:     MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1.- MATERIALES.	44
3.1.1.- MATERIALES BIBLIOGRÁFICO	44
3.1.2.- MATERIAL DE ESCRITORIO	44
3.1.3.- EQUIPO.	44
3.2.- METODOS.	44
3.2.1.- EXPLORACIÓN DE SUELOS	44
3.2.1.2.-EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO (CALICATAS)	44
3.2.1.3.-ESPACIAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CALICATAS	45
3.2.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	46
3.2.2.1.- ENSAYOS ESTANDAR	46
3.2.2.2.- ENSAYOS ESPECIALES	47
3.2.3.- CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO	47
3.2.4.- RESISTENCIA CORTANTE DE LOS SUELOS Y DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES	48
3.2.5.- PRUEBA DE COMPRESIÓN AXIAL NO CONFINADA.	51
3.2.6.- DISTRIBUCION DE PRESIONES	53
3.2.7.- METODO DE NEWMARK	59
3.2.8.- LA TEORIA DE MEYERHOF	64

### **CAPÍTULO IV:     RESULTADOS**

4.1.- CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR FALLA DE CORTE	65
4.2.- CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO	68

### **CAPÍTULO V:     CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.- CONCLUSIONES	70
5.2.- RECOMENDACIONES	71

### **CAPÍTULO VI:     REFERENCIA BIBLIOGRAFICA**

6.1.- BIBLIOGRAFIA	72
--------------------	----

### **CAPÍTULO VII:     ANEXOS**

7.1.- ANEXO 01: ENSAYOS DE LABORATORIO.	
7.2.- ANEXO 02: PLANO DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO.	
7.3.- ANEXO-03: PLANO DE UBICACION DE CALICATAS EN ESTUDIO.	
7.4.- ANEXO 04: PLANO DE PELIGROS CLIMATICO,HIDROLOGICO E HIDRAULICO.	



## CAPÍTULO I:

## INTRODUCCIÓN

El Perú se encuentra en el borde occidental de la placa continental Sudamericana, debajo de la cual se sumerge la Placa oceánica de Nazca, constituida por una corteza más densa que la anterior, casi frontalmente, con un buzamiento entre 20° y 30° y con una velocidad relativa de unos 10 cm. por año. Las manifestaciones externas de este proceso son la fosa marina del Pacífico, la cordillera de los Andes y la presencia de algunos volcanes en el sur del Perú y el norte de Chile.

La distribución espacio-tiempo de los epicentros de los sismos ocurridos en este territorio nos muestra que los mismos pueden estar asociados a:

- Interacción de placas.
- Procesos eruptivos de volcanes.
- Fallas geológicas.

La mayoría de fallas geológicas son consecuencia del movimiento orogénico superficial, producto a su vez del proceso de levantamiento y formación de la Cordillera de los Andes, a través del tiempo geológico.

El territorio peruano se encuentra pues ubicado en una zona sísmica más activa del mundo, dentro del Cinturón Circum-pacífico. Desde la formación de los continentes ha estado bajo la acción y efectos de grandes terremotos, de cuyas referencias sólo se dispone a partir de la presencia española, basada en relatos y narraciones, y a partir del presente siglo, con datos instrumentales.

En base a dicha información se han elaborado diversos estudios, una de cuyas síntesis es el mapa de Zonificación Sísmica del Perú, este mapa considera al territorio peruano dividido en tres zonas, de acuerdo a la sismicidad observada y a la potencialidad sísmica de cada zona:

Zona III: Sismicidad Alta	Zona II: Sismicidad Media	Zona I: Sismicidad Baja
---------------------------	---------------------------	-------------------------

De acuerdo a dicha zonificación, la región San Martín se encuentra en la zona II (de sismicidad media).

El presente estudio tiene como propósito realizar los estudios de suelos del Distrito de Morales, encontrando el tipo de suelo así como su capacidad portante.

## **1.1.- ALCANCES**

### **1.1.1.- UBICACIÓN**

El Distrito de Morales, Provincia de San Martín, Región San Martín; se encuentra ubicada en la Selva Nor Oriental Peruano, a 6° 28' 42" de latitud Sur y 76° 22' 57" de longitud Oeste, a una altitud promedio de 283 m.s.n.m.

### **1.1.2.- VIAS DE COMUNICACIÓN**

La ruta parte de Lima por la Panamericana Norte, pasando por Chiclayo hasta Olmos, de aquí se sigue a lo largo de la carretera de penetración casi totalmente asfaltada que se une a la Carretera Fernando Belaunde Terry, cubriendo el tramo: Bagua Grande, Pedro Ruiz, Moyobamba, Morales y Tarapoto.

### **1.1.3.- CARRETERAS SECUNDARIAS**

Existen Carreteras y trochas en un estado de conservación buena y transitable todo el año, que partiendo de la carretera Fernando Belaunde unen centros poblados como:

- Carretera Morales - Lamas
- Carretera Morales-Yurimaguas.
- Carretera Morales-San Antonio de Cumbaza.
- Carretera Morales-San José de Sisa, entre otras.

### **1.1.4.- CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA**

La mayor cantidad de datos con respecto a este punto que se tiene, deriva de los datos recogidos en las estaciones hidro-meteorológicas del SENAMHI (El Porvenir, Tarapoto y otros).

### **1.1.5.- CLIMA**

El clima es uno de los principales factores que condicionan las costumbres de las poblaciones. El clima predominante de la zona en estudio es "cálido y semi-seco,

sin exceso de agua durante el año y con una concentración térmica normal en verano”.

#### **1.1.6.- PRECIPITACIÓN**

El promedio de precipitación pluvial total anual de este tipo climático, varía entre los 1000 y 1400 mm., con promedio de 1213 mm. En general, las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de Octubre (a veces Setiembre) y abril, siendo siempre Marzo el que registra el valor más elevado. El número de días de lluvia a lo largo del año en esta zona, varía entre 88 y 116. El número de días de lluvia al mes, varía entre un mínimo de 6 y un máximo de 13. Finalmente, el promedio de precipitación por día de lluvia varía entre un mínimo de 9 mm. y un máximo de 13 mm; sin embargo los registros de precipitación máxima en 24 horas alcanza valores que oscilan entre 87 mm y 170 mm.

#### **1.1.7.- TEMPERATURA**

Las temperaturas que corresponden a este tipo climático (elaborado en base a la información de las estaciones de Tarapoto y El Porvenir) fluctúan entre 24.8°C y 26.5°C; esta temperatura es en general mayor en el sector bajo y va disminuyendo aguas arriba del río Cumbaza. El sector más cálido está representado por la estación de Tarapoto, donde los promedios anuales más altos de temperatura alcanzan valores entre 27.1°C (Diciembre) y 27.3°C (Diciembre y Enero) respectivamente, siendo su oscilación media anual muy estrecha, que alcanza valores entre 1.5°C y 1.9°C a lo largo del año. La ciudad de Tarapoto presenta una temperatura máxima de 35°C, y la temperatura mínima registrada es de 13.3°C, con un promedio de 26.2°C.

#### **1.1.8.- VIENTOS**

Este factor climático presenta una característica especial dentro de la zona en estudio: La estación de Tarapoto, registra un viento persistente de dirección Norte de velocidad media de 3.2 Km./hora y, en menor porcentaje de dirección Sur con velocidad media de 6.3 Km./hora, durante todo el año. No se descarta, la ocurrencia esporádica de vientos fuertes y acompañados por fuertes precipitaciones, de consecuencias funestas.

### **1.1.9.- HUMEDAD RELATIVA**

La estación de Tarapoto tiene los promedios más bajos: 77%; mientras que la estación de El Porvenir registra los valores más altos: 80% a 88%

### **1.2.- LIMITACIONES**

La presente Tesis esta delimitada dentro de un aspecto geográfico y también dentro de los límites de los aspectos técnicos, este Proyecto esta enmarcado solo a verificar el estado del suelo dentro de los parámetros establecidos.

## **CAPÍTULO II:        MARCO TEÓRICO**

### **2.1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION**

#### **2.1.1.- ANTECEDENTES**

Para la elaboración del estudio del suelo del Distrito de Morales, contamos con los estudios similares realizados en diferentes zonas del país con características similares, los cuales detallaremos a continuación:

- Huaco P., Vázquez M., Marín G. y Montesinos V. (1990), “Intensidades Regionales Asociadas al Sismo del 30 de Mayo de 1990 En el Departamento de San Martín, Perú”, Instituto Geofísico del Perú.
- Huaco P., Ponce L., Marín G., Gómez J. y Fernández E. (1992), “ Intensidades Sísmicas en Áreas Urbanas y Regionales del Sismo del 5 de Abril de 1991 en el Departamento de San Martín (Perú)”, Instituto Geofísico del Perú.
- Tavera H., Buform E., Bernal I. y Antayhua Y. (2001), “Análisis de los Procesos de Ruptura de los Sismos Occurridos en 1990 y 1991 en el Valle del Alto Mayo, Moyobamba-Perú”, Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Vol. 91, pp. 55-68.

#### **2.1.2.- JUSTIFICACIÓN**

Teniendo en cuenta el crecimiento del Distrito de Morales, en el aspecto de la Construcción en lo que se refiere a planes de viviendas se hace de vital importancia contar con parámetros que indiquen a los constructores el tipo de suelo del Distrito así como la capacidad portante del suelo donde van a fundar, para así elegir la correcta fundación.

### **2.2.- OBJETIVOS**

#### **2.2.1.- OBJETIVO PRINCIPAL**

- Elaborar un mapa de zonificación de la capacidad portante y del tipo de suelos del Distrito de Morales.

## **2.2.2.- OBJETIVOS SECUNDARIOS**

- Dar a conocer los parámetros que indiquen a los constructores el tipo de suelo y la capacidad portante donde van a fundar.
- Conocer la zonificación sísmica del distrito de morales.

## **2.3.- DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS**

### **2.3.1.- ASPECTOS GEOLOGICOS-GEOTECNICOS**

Para poder realizar el estudio nos hemos basado en la geología Regional y local de la zona de estudio, correlacionando esta información como resultado de los tipos de suelos que se ha encontrado en la zonas de exploración, permitiéndonos describir las características físicas mecánicas, determinar los perfiles estratigráficos cuya información indicada permitirá en la etapa final determinar la capacidad portante de los suelos y sus relaciones con los aspectos geológicos del suelo

#### **2.3.1.1.- ASPECTOS DE MECANICA DE SUELOS**

El Estudio de Mecánica de Suelos es la rama que trata de la acción de las fuerzas sobre las masas de los suelos. Desde hace mucho tiempo atrás el hombre ha estudiado el suelo sobre el que vive, presentando variadas teorías en la solución de los problemas relativos al uso del mismo.

Toda obra de construcción civil, por pequeña o grande que sea la estructura se inicia y apoya teniendo siempre como medio de fundación un suelo.

El suelo por su complejidad requiere ser estudiado en forma minuciosa con pericia y precisión, de lo cual depende la seguridad y vida útil de cualquier obra de construcción civil.

Antes los problemas de mecánica de suelos se resolvían en forma empírica o por tanteos, trayendo consecuencias como riesgo de seguridad y economía.

Hoy en día existen Laboratorios experimentados de Mecánica de Suelos para todo tipo de investigación y estudios.

Para la realización del estudio de Mecánica de Suelos de la zona, se realizó el sondeo respectivo con la finalidad de determinar el tipo del subsuelo y sus características físico - mecánica.

Para el presente proyecto se ha practicado la excavación de calicatas a una profundidad mínima de 3.00m por debajo de la superficie, del terreno, permitiendo examinar en su estado natural las características físicas y mecánicas del suelo en estudio.

### **2.3.1.2.-LA TECTÓNICA DE PLACAS<sup>(1)</sup>**

Hasta mediados del siglo XX, la teoría de la deriva de los continentes fue el único intento de explicación científica de la formación de las grandes masas continentales. Por entonces, el estudio sistemático de los fondos oceánicos permitió elaborar mapas topográficos de las cuencas sumergidas, y se extrajeron muestras de rocas para su análisis. Se descubrió, así, que los fondos de los océanos no son estáticos sino que se hacen en movimiento creándose en una zona y destruyéndose en otras.

Y de este modo se llegó a la formulación de la teoría de la tectónica de placas, según la cual la litósfera está constituida por grandes placas rígidas que se encuentran en movimiento, ya que no asientan sobre una capa sólida, sino sobre una capa de material viscoso: la astenósfera.

La litósfera comprende la corteza y parte superior del manto. La astenósfera también se encuentra en la parte superior del manto, se cree que se extiende hasta 700 km. de profundidad.

Esta teoría tiene una gran importancia, puesto que permite explicar satisfactoriamente todos los procesos geotectónicos: la formación de los continentes y de las cadenas montañosas, el origen de los océanos, el vulcanismo y los sismos o terremotos.

Existen seis grandes placas: La africana, Americana, Euroasiática, Indoaustraliana, Pacífica, y la Antártica, así como algunas placas menores que se insertan entre ellas. Entre estas últimas cabe destacar la placa arábiga, la Filipina y la de Nazca. Estas placas pueden ser, según su composición, continentales, oceánicas o mixtas.

Las zonas de contacto entre placas son las zonas más inestables de la Tierra, y en ellas se registra una gran actividad volcánica y sísmica.

Sin embargo, las placas no existían en los orígenes del planeta. La teoría de la deriva de los continentes explica que al final de la era primaria había un único bloque continental de enormes dimensiones llamada Pangea. Pero este bloque no se dislocó como consecuencia del movimiento de rotación de la Tierra sino a raíz de la actividad existente en la astenósfera. Dicha actividad permite explicar la formación de las placas litosféricas y como consecuencia, la formación de los continentes y océanos.

El proceso sería aproximadamente el siguiente:

- a) Desde la astenósfera ascienden materiales que provocan una fractura en la litósfera, y en concreto, en un bloque continental que hasta entonces estaba unido.
- b) Se produce a la sazón, una gran depresión o hundimiento en la masa continental y se forman dos bloques, uno a cada lado de la depresión, que comienza a separarse.
- c) La zona hundida, llega a quedar por debajo del nivel del mar y las aguas de los océanos cercanos la invaden, dando origen a un nuevo mar, que es al principio pequeño y estrecho.
- d) Puesto que los bloques continentales no dejan de separarse, el mar se hace cada vez mayor, hasta llegar a convertirse en un gran océano, con su fondo surcado en su centro por una enorme dorsal, por la que sigue emergiendo procedente de la astenósfera.



Este proceso tuvo su origen en un momento determinado de la historia geológica de la Tierra y desde entonces no se ha interrumpido. Los continentes siguen separándose, y los mares agrandándose. Lo que ocurre es que todo tiene lugar a un ritmo tan lento que no es posible advertirlo a simple vista, sino tan sólo por medio de las mediciones científicas. Así por ejemplo, los continentes han tardado en llegar a su disposición actual unos 225 millones de años; se necesitaría otro tanto, por consiguiente, para que se produjera un cambio sustancial.

En el momento actual, podemos observar océanos plenamente formados, como el Atlántico, que surgió como consecuencia de la separación de las placas Americana, Africana, y Euroasiática. Pero existen también océanos que se encuentran en su estado inicial.

Éste sería el caso, por ejemplo del mar Rojo, surgido a raíz de la separación de las placas Africanas y arábicas. Es muy probable que este mar, tras una larga evolución geológica, llegue a convertirse en un gran océano.

### **2.3.2.- EL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS**

Acabamos de conocer los procesos que han llevado a la formación de las placas litosféricas. Pero estas placas siguen en movimiento por lo que debemos analizar como se desplazan y cómo interactúan unas con otras.

En las denominadas dorsales o crestas centro oceánicas, las placas se separan unos pocos centímetros cada año. Esto se debe al continuo proceso de creación de la Litósfera que tiene lugar en el fondo de los océanos.

Por las dorsales o crestas centrooceánicas que son en realidad los valles hundidos que han dado origen a la separación de los continentes, emergen continuamente materiales volcánicos que renuevan la litósfera oceánica. Estos materiales que brotan por lo general en estado líquido o viscoso, se solidifican al llegar a la superficie y se depositan sobre el fondo, a ambos

lados de las dorsales, desplazando a los materiales que había anteriormente. Este proceso, da lugar a una expansión del fondo oceánico que tiene que ser compensada necesariamente por un proceso de signo contrario, pues en otro caso, la superficie de la Tierra aumentaría constantemente, cuando es un hecho constatado que mantiene su tamaño.

Observamos, por tanto, que al proceso de renovación y creación de la Litósfera oceánica se opone otro de destrucción de la misma. Por el primero, las placas litosféricas se separan; por el segundo, se aproximan y se hunden unas debajo de las otras. El primer proceso se denomina de separación; el segundo, de subducción.

La subducción tiene lugar cuando dos placas que avanzan una hacia otra llegan a encontrarse; entonces, una de las placas se pliega y se desliza debajo de la contraria. Esta placa sigue avanzando hacia abajo y alcanza grandes profundidades, donde los materiales se funden y pasan a formar parte de nuevo de la Astenósfera. Así se completa el ciclo: por un lado, asciende materiales de la Astenósfera por el centro de las dorsales oceánicas; por otro lado, otros materiales vuelven a ella a través de los márgenes de las placas litosféricas que se hunden. La superficie de la Tierra se renueva permanentemente, pero su tamaño permanece constante.

El acercamiento que da lugar a la subducción puede tener lugar entre dos placas oceánicas o entre una placa oceánica y una continental. Cuando son dos placas oceánicas las que se acercan normalmente, se forma un arco insular volcánico flanqueado por una gran fosa submarina. Es el caso, por ejemplo, del Japón y las islas Marianas. Cuando se aproxima una placa continental y una oceánica, los materiales sedimentarios acumulados en el fondo del océano se pliegan y se fracturan, dando origen a una cadena montañosa. Así se han formado cordilleras como los Andes.

También puede darse el caso de que se aproximen entre sí dos placas continentales. Entonces, como las dos suelen ser de grosor y composición muy semejantes, no se produce subducción, sino que una se desliza sobre

la otra, sufriendo un plegamiento como consecuencia del roce y dando origen asimismo a una cadena montañosa. Así se explica, por ejemplo, la formación del Himalaya, resultado de la colisión de la placa de la península de Dacca con la placa Euroasiática. Finalmente, dos placas contiguas pueden resbalar una contra otra, dando origen entonces a las llamadas fallas transformantes. Estas zonas son área de gran inestabilidad, en la que se registra por lo general una importancia actividad sísmica. Constituye un buen ejemplo la falla de San Andrés, en la costa occidental de América del Norte.

#### **2.3.2.1.- MOVIMIENTO DE LAS PLACAS<sup>(2)</sup>**

El origen del movimiento de las placas parece encontrarse en los flujos de calor existentes en la astenósfera. En esta zona del manto se produce una serie de corrientes de convección, como consecuencia de las cuales las masas más calientes ascienden y las más frías descienden, originándose así un movimiento circular constante.

Las masas ascendentes, cuando encuentran una fractura en la litósfera que les permite salir al exterior, abandonan la astenósfera y pasan a formar parte de la corteza terrestre. Si no encuentran ninguna abertura, se enfrían en contacto con la capa superior y vuelven a descender, cerrando el círculo.

Las masas que descienden arrastran a veces consigo partes de la litósfera que se hunden, y que se funden al entrar en contacto con los materiales más calientes viscosos de la astenósfera.

#### **2.3.3.- GEOLOGÍA REGIONAL<sup>(3)</sup>**

El proceso de subducción que sufre la Placa de Nazca por debajo de la placa sudamericana ha dado origen a los sismos más destructivos que han ocurrido en el borde Oeste de América del Sur. La colisión de dichas placas ocasiona proceso de tectónicos que dieron origen al levantamiento de la Cordillera de los Andes.

El marco tectónico sedimentario desarrollado en toda la selva y fajas subandina, representados por los escudos Guayano – Brasileño y Geosinclinales, comprende sedimentos desde paleozoico hasta de edad reciente, depositados en ambientes marinos y continentales, relacionados o comprendidos en grandes eventos tectónicos que han controlado la distribución de la sedimentación y la orogénesis.

En la zona del Alto Mayo, la roca más antigua encontrada data del triásico superior. Luego de esta subsidencia, se produjo una emergencia que duró hasta el jurásico superior, en la cual, en la primera parte, se produjo un hiato erosional y, en la segunda parte, se originaron cuencas de deposición continental que dieron lugar a la formación sarayaquillo.

Siendo la sedimentación continental, se produjeron los últimos movimientos nevadianos que dieron lugar a un aplanamiento tanto por deposición en otras, que se extendió en toda la selva peruana, para luego dar un lugar a una gran subsidencia y consiguiente transgresión marina hacia el Este a través del portal Marañón que comprende casi todo el cretáceo, periodo en el cual se depositaron sedimentos en ambientes marino – litorales y profundos, con sucesión de transgresiones y regresiones menores por inestabilidad de elementos tectónicos.

Al finalizar el cretáceo superior, el mar fue retirando paulatinamente hacia el Oeste, por emergencia de todo este territorio, sin deformación estructural significativa en la selva que estuvo relacionada con la fase quechuaza de la orogénea andina. El marco tectónico de la sedimentación marina del cretáceo se continuó casi exactamente hasta el terciario para dar lugar a la deposición continental iniciada con la formación Huayabamba que presenta la última fase de deposición continuada.

---

(2) ALVA HURTADO J.E., MENESES J.F Y GUZMAN V. "Distribución de Máximas Intensidades Sísmica Observadas en el Perú". PAG.58

(3) MONGE F. , "Efectos Geológicos del Sismo del 29 de Mayo de 1990 en el Departamento de San Martín, Perú"-pag..76

Los depósitos plio – pleistocénicos y recientes son indicativos de que en la zona del alto mayo no hubo deposición significativa durante el terciario superior, probablemente debido al fuerte levantamiento andino de esta zona (Cordillera Cahuapanas), o en su defecto, los depósitos de terciario superior fueron erosionados muy rápidamente por estos levantamientos que continúan hasta la actualidad y que han producido la emergencia de las rocas a partir del triásico, para formar las cordilleras actuales y ser expuestas a la fuerte erosión. Este último levantamiento no fue uniforme en la región, debido a la formación de la depresión Mayo – Huallaga, donde se formaron medios lacustres de sedimentación y se depositaron sedimentos finos y gruesos, carbonosos, arcillas plásticas, etc., provenientes de las rocas triásicas, jurásicas, cretácicas y terciarias, consideradas en la formación avisado y sedimentos peistocénicos

### **2.3.3.1.-GEOMORFOLOGÍA REGIONAL**

La Región San Martín se ubica en la zona morfo-estructural llamada Faja Subandina (Selva Alta), donde afloran rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas de origen continental, tectonizadas por pliegues y fallas a fines del Terciario y durante el cuaternario.

La Faja Subandina se encuentra entre dos unidades macro geomorfológicas o grandes bloques morfo-estructurales: La Cordillera Oriental, y la Depresión Amazónica Oriental o Selva Baja.

**Evolución Geomorfológico.-** La evolución geomorfológica de esta área empezó aproximadamente en el Terciario Superior con el desarrollo geotectónico intenso como continuación del levantamiento de la Cordillera de los Andes y de la formación de la depresión tectónica Mayo–Huallaga. Con ello se manifestaron nuevas condiciones climáticas que dieron lugar a la primera red hidrográfica, iniciándose así el primer ciclo de erosión, que continúan actualmente.

En la forma parcial y temporal, éste ciclo de erosión fue interrumpido por una deformación geotectónica que cerró la deformación tectónica entre Moyabamba y Tabalosos, originando un gran represamiento que colmató y aplanó la parte alta de la cuenca del Mayo (Moyabamba –Serranayaco). Este proceso terminó recientemente, y se ha iniciado el de denudación

sobre este plano uniforme, dándose otra vez el ciclo de erosión actual en toda el área del Alto Mayo, que corresponde a un estado de “juventud”. Se estima que, por la relación geotectónica de la zona, deben ocurrir sucesivos rejuvenecimientos.

El aspecto determinante de la geomorfología del Valle del Bajo Mayo, lo constituye principalmente las estructuras que tienen un alineamiento estructural NNW –SSE, las que revelan el tectonismo andino y los eventos más recientes, que son los que han dado la geomorfología actual; así tenemos.

#### **2.3.3.2.- LA CORDILLERA TANGARANA**

Correspondiente a las penúltimas estribaciones de la cordillera Oriental, alcanzando una altura máxima de 1,200 m.s.n.m. Presenta una topografía variada, de la fuerte a extremadamente empinada. Asociadas a ésta unidad existen fallas geológicas que corren paralelas a ésta cadena de cerros.

#### **2.3.3.3.- LA CORDILLERA ESCALERA**

Se extiende longitudinalmente como prolongación de la cordillera Cahuapanas por el S-E. (Parte de Lamas, Tarapoto, Shapaja); es una cadena anticlinorium que se levantan hasta los 2500 m.s.n.m. Se encuentra entre el Llano Amazónico y la depresión del Mayo.

Está denominada por una morfología accidentada conformada por cerros de lancos muy agudos, disectados por quebradas profundas en gran parte cubiertos por una densa vegetación arbórea y que sirve de naciente de numerosos cursos de aguas en ambos flancos, donde se desarrollan cataratas, cascadas y rápidos y se constituye en lugares de atractivo turístico; así tenemos:

Flanco Oeste: Cumbaza, (con sus afluentes Añaquihui, Curiyacu, Guacamayillo, Canela ishpa, Cachiyacu, Shilcayo, Ahuashiyacu, Pucayaco, entre los principales.

Flanco Este: Shanuzi, Charapille, Caynarachi.

Este anticlinorium continúa en la cordillera Azul, los que se dividen al ser cortados transversalmente por el río Huallaga en el Pongo de Aguirre

(Cañon profundo cuyo fondo se encuentra entre 180 y 195 m.s.n.m.) y en la gran fosa tectónica o graven que las divide longitudinalmente desde Chazuta hasta el río Shanuzi por efecto de una falla de sobre-escurrimiento que ha originado un gran escarpe estructural de más de 1000 m. de altura. Esta formada por un sistema de bloques rocosos generadas por procesos tectónicos comprensivos que dado lugar a sobreescurrecimientos, fallas inversas, pliegues tipo anticlinadales y sinclinales apretados, edificando una cadena estructural compleja donde afloran las rocas más antiguas del área (cretácico –jurásico).

El substrato rocoso es de naturaleza sedimentaria, principalmente arenisca, algo de arcillitas y calizas; muy dislocada que, ligado a las fuertes pendientes de las vertientes, facilitan la ocurrencia de deslizamiento y derrumbes y hace imposible el desarrollo de actividades productivas.

#### **2.3.3.4 CORDILLERA AZUL**

Cadena anticlinoriun que divide la cuenca del Huallaga de la del Ucayali (Llano Amazónico); se levanta hasta los 2000 m.s.n.m. y su línea divisoria de agua es el límite Este entre San Martín y Loreto.

**Anticlinal Lamas.-** En cuya cima se ubica la ciudad del mismo nombre; está conformada por rocas areniscas y lutitas del cretáceo y terciario, levantándose hasta 860 m.s.n.m.

#### **2.3.3.5.- DEPRESIÓN TECTÓNICA DEL BAJO MAYO**

Depresión donde se desarrolla el Valle del Bajo Mayo, se encuentra entre la cadena de cerros Ayumayo (margen derecha) y por una estribación de la cordillera Escalera, el anticlinal Lamas. Los rasgos geomorfológicos más importantes se deben a la influencia de las estructuras geológicas provocadas por el tectonismo regional y la litología de las formaciones rocosas que los conforman. El intemperismo ha esculpido los rasgos geomorfológicos característicos de estas áreas, así tenemos: Cumbres o terrenos altos, escarpas muy empinadas, superficies moderadamente empinadas, Lomas suaves.

### **2.3.3.6.- COLINA ALTA ANTICLINAL SAN ANTONIO**

Unidad que separa al río Cumbaza de la quebrada Shupishíña y de la planicie holocénica.

Esta unidad tiene una orientación este-oeste; alcanza elevaciones de hasta 925 m.s.n.m. (Aucaloma), 722 m.s.n.m. (frente a San Pedro) y un nivel de base cercano a 400 m.s.n.m. (cerca de Morales).

Este anticlinal es amplio a partir del eje de plegamiento por lo que forma laderas suaves y tiene potencial de uso agropecuario.

Esta unidad está constituida por areniscas, lutitas y calizas del cretáceo por lo que en algunas áreas presenta taludes, áreas escarpadas como también áreas planas. Por su estructura interna y litología, constituye un reservorio de aguas subterráneas que tienen sus manifestaciones en el flanco sur.

### **2.3.4.- ESTRATIGRAFÍA REGIONAL<sup>(4)</sup>**

La cuenca del Bajo Mayo pertenece geológicamente a la Zona Subandina del norte peruano. El basamento que aflora en los cerros circundantes está constituido por rocas que van desde el jurásico al cuaternario reciente.

#### **2.3.4.1 GEOLOGÍA LOCAL**

El distrito de Morales forma parte de la unidad geomorfológica Planicie Tarapoto.

##### **Planicie Tarapoto**

Esta área constituye una llanura comprendida entre el río Mayo y la Cordillera Escalera, extendiéndose desde Maceda hasta Juan Guerra; con una longitud de 23 Km. Un ancho variable de 4 a 10 Km. y una extensión de 15.000 Ha. Se trata de una llanura de colmatación y erosión, donde se presentan una intercalación de depósitos arenosos aluviales pleitocénicos de gravas y cantos rodados limpios, con depósitos arcillo-arenosos de abanicos aluviales y depósitos coluviales, con un espesor aproximado de 100m.

Esta planicie ha sido deformada y basculada en el flanco nororiental por levantamiento de la Cordillera Escalera y parcialmente erosionada, dando lugar a la acumulación de depósitos recientes por el río Cumbaza y



quebradas afluentes, de muy poco espesor. Esta deformación ha originado la ocurrencia de acuíferos confinados en el flanco nororiental.

La geología en este sector está caracterizada por la presencia de depósitos cuaternarios de los tipos aluviales, fluvio –aluviales y coluvio-aluviales, principalmente. Estos materiales provienen principalmente de la cadena montañosa al Este de la Ciudad de Tarapoto, denominada Cordillera Azul.

La zona del estudio presenta una litología que es esencialmente de naturaleza arenosa, con bloques y cantos rodados (de 60 a 70cm. De diámetro que son areniscas blanquecinas a cremas, con matriz arenosa a ligeramente arcillosa, con lentes de arcilla rojiza y de arena limo-arcillosa. Siendo todo esto producto de lo que denominamos “Aluvión de Tarapoto” que tuvo sus orígenes en la Cordillera Azul.

**Estratigrafía local.-** El basamento o “substratum” de los suelos o depósitos aluviales del Cuaternario sobre los cuales se encuentra el área urbana del Distrito de Morales esta constituido por rocas lutitas del Terciario de coloraciones que van desde el rojizo al anaranjado.

**Depósitos Fluvio - Aluviales.-** Constituido principalmente por bloques de areniscas, cuyas aristas desgastadas dan muestra de su resistencia a la meteorización y disgregación generalmente englobadas o rellenas de una matriz areno-limosa, limo-arcillosa no plástica a baja plasticidad. Se caracterizan estos materiales porque el transporte o traslado de los componentes sólidos del suelo han sido efectuados por la corriente de agua de la red natural de los ríos Cumbaza y Mayo. La textura que caracteriza a éstos suelos es de media a fina.

**Depósitos Fluvio –Aluviales.-** Se encuentran constituyendo las terrazas inferiores, formando suelos de textura gruesa y media. Los materiales gruesos son depósitos de grava con dimensiones muy heterogéneas, constituidos por areniscas cuarzosas blanquecinas de mediana durabilidad y fragmentos oscuros y coloreados de lutitas y limonitas de dimensiones menores. Los clastos tienen dimensiones desde 16” a 18” hasta partículas de grava menuda. Los materiales de menor tamaño en estos suelos son arenas de grano medio a fino, con alto porcentaje.

**Depósitos Coluvio - Aluviales.-** Estos materiales han sido acarreados por acción de las aguas de escorrentía superficial y por la gravedad. Los

clastos sub-redondeados de estos materiales indican una menor distancia de transporte. Son de textura fina y se encuentran presentes en la parte ondulada y colinosa adyacente.

Además en la zona de estudio, se pueden observar, los siguientes rasgos geológicos:

- Estrato rocoso, a una profundidad de unos 30 m. (Observado en el sector del Hospital, en el escarpe que baja hacia el río Cumbaza).
- Estrato arcillo-gravoso, de espesor considerable, que sobreyace al estrato anterior, mostrando bolones de más de 1m. de diámetro en varios lugares esta capa llega hasta la superficie.
- Estrato arcillo-limoso-arenoso, encima de la capa anterior.
- Estrato arcilloso, de espesor considerable, observado en diferentes puntos del área urbana en estudio.

#### **2.3.4.2.- ESTUDIO PETROGRÁFICO**

Se ha realizado el estudio petrográfico, en una muestra representativa de la fracción gruesa del suelo.

#### **2.3.4.3.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

La muestra en estudio es un canto rodado de color blanquecino con tonalidades amarillentas, de textura granular (sacaroide) de gramo fino, ligeramente compacta, con grado de cohesión baja, roca ligeramente meteorizada. Se observa muy poco cementante, más bien las partículas del mineral se encuentran unidos unos a otros.

Desde el punto de vista petrográfico ésta roca tiene poca resistencia a la compresión y debe tomarse las precauciones cuando se usa como material de construcción ya que se desintegra fácilmente.

### **2.3.5.- OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y PROFUNDIDAD DE LAS EXCAVACIONES<sup>(5)</sup>**

#### **2.3.5.1.- IMPORTANCIA DEL MUESTREO**

Para determinar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, es preciso contar con muestras representativas de dicho suelo. Un muestreo adecuado y representativo es de primordial importancia, pues tiene el mismo valor que el de los ensayos en sí. A menos que la muestra obtenida sea verdaderamente representativa de los materiales que se pretende usar, cualquier resultado del análisis de la muestra sólo será aplicable a la propia muestra y no al material del cual procede. De aquí la imperiosa necesidad de que el muestreo sea efectuado por persona conocedora de su trabajo.

#### **2.3.5.2.- NECESIDAD DEL CONOCIMIENTO DE LA TOPOGRAFÍA DEL LUGAR**

El conocimiento de la topografía del terreno nos permite ubicar sondeos en puntos críticos de acuerdo a algunas experiencias referentes a los suelos, según su morfología, la cual es en mayor grado aplicable a terrenos de las regiones de sierra y selva que a los de la costa, por ejemplo:

- Las zonas elevadas, son generalmente más secas y los suelos son más resistentes; sus bordes pueden requerir protección contra la erosión por lluvias.
- Las zonas bajas, son generalmente más húmedas y/o propensas a la acumulación de agua, constituyen el depósito de suelos erosionados de las partes altas por las lluvias y pueden tener vegetación y materia orgánica. Son más susceptibles a ser afectados por flujos ocasionales de agua, inundaciones, huaycos.

En general pueden requerir de drenaje superficial y/o sub drenaje.

#### **2.3.5.3.- ZONIFICACIÓN EN BASE A LA CLASIFICACIÓN DE CAMPO**

Para poder zonificar los diversos tipos de suelos en función de su clasificación de campo, se visita todo tipo de excavación, como son.

Excavaciones para cimentaciones de casas, excavación de zanjas para tuberías de desagües, y otras excavaciones adyacentes, con la cual se realiza una clasificación de campo.

A continuación se presenta una tabla que describe los criterios que se tomó para clasificar cada uno de los diversos tipos de suelos.

#### **2.3.5.4.- MUESTREO EN EL CAMPO**

Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas e inalteradas. Se dice que una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede e inalterada en caso contrario.

##### **2.3.5.4.1.- MUESTRAS ALTERADAS**

Para tomar muestras individuales de un sondeo a cielo abierto (pozo del 1.20m. de diámetro y de la profundidad requerida) se sigue el procedimiento siguiente.

- a) Se rebaja la parte seca y suelta de suelo con el propósito de obtener una superficie fresca.
- b) Se toma una muestra de cada capa en un recipiente y se coloca una tarjeta de identificación.
- c) Las muestras se envían al Laboratorio.

Para tomar muestras individuales mediante perforaciones con barrenos se hace lo siguiente:

- a) Se coloca el suelo excavado en hilera en orden correcto.
- b) Se Toma una porción representativa de cada suelo encontrado y se coloca en bolsas separadas con su identificación correspondiente.
- c) Las bolsas con material se envían al Laboratorio.

Para tomar muestras integrales ya sea de zanjas abiertas o de cortes se sigue el procedimiento siguiente.

- a) Se retira la capa de despalme superficial.
- b) Se quita el material seco y suelto para obtener una superficie fresca de donde obtener la muestra.
- c) Se extiende una lona impermeable en el pie del talud para recoger la muestra.
- d) Se excava un canal vertical de sección uniforme desde la parte superior hasta el fondo, depositando el material en la lona impermeable.
- e) Se recoge todo el material excavado, se le coloca en una bolsa con su etiqueta de identificación y se envía al Laboratorio.

#### **2.3.5.4.2.- MUESTRAS INALTERADAS**

Para obtener muestras inalteradas, el caso simple corresponde al de cortar un determinado trozo de suelo del tamaño deseado (normalmente de 0.30m x 0.30m) cubriéndole con parafina para evitar pérdidas de humedad y empacándole debidamente para su envío al laboratorio. A continuación se indicará la forma de obtener dicha muestra inalterada.

- a) Se limpia y se alista la superficie del terreno y se marca el contorno del trozo.
- b) Se excava una zanja alrededor de éste.
- c) Se ahonda la excavación y se cortan los lados del trozo empleando un cuchillo de hoja delgada.
- d) Se corta el trozo con el cuchillo y se retira del hoyo hecho.
- e) La cara del trozo extraído que corresponde al nivel del terreno, se marca con una señal cualquiera para que se conozca la posición que ocupaba en el lugar de origen. Inmediatamente se achaflan las aristas de la muestra y se le aplican tres capas de parafina caliente con una brocha.
- f) Si la muestra no va ser usada pronto, necesita una protección adicional a las tres capas de parafina ya indicadas. Esta protección consiste envolver la muestra con una tela blanda amarrándola con un cordel. Hecho esto se sumerge la muestra entera en la parafina.

Sumergiendo la muestra repetidas veces en la parafina fundida, ésta puede alcanzar un espesor de unos 3mm. Que es suficiente para garantizar su impermeabilidad.

Si las muestras inalteradas necesitan ser enviadas a un Laboratorio muy lejos del lugar de extracción de las mismas, entonces necesitan aún mayor protección.

#### **2.3.5.4.3.- PROFUNDIDAD DE LAS EXCAVACIONES**

Es imposible establecer un grupo de reglas definitivas para determinar la profundidad a la que se deben llegar en las excavaciones. La profundidad hasta la cual debe investigarse un suelo puede estar basada en el tipo de suelo encontrado y en el tamaño y peso de la estructura a construir, considerando que los esfuerzos desarrollados en el suelo dependen de la carga distribuida en toda el área cargada, además de las cargas debajo de las zapatas individuales. Salvo en casos muy especiales, no es necesario investigar el suelo a profundidades mayores de 1 a 1.5 veces la mayor dimensión del área cargada. Llegar a profundidades de 1.5 veces la menor dimensión es muy recomendable en el caso de estructuras muy pesada como silos y edificios de muchos pisos.

#### **2.3.5.5.- PERFIL DE SUELOS**

Cualquiera que sea el tipo de excavación que se ejecute, a medida que se va profundizando en ella se va anotando los espesores de los distintos estratos atravesados, indicando cuales son gravas, arenas, limos, arcillas, o mezcla de los mismo; cómo son los granos de los materiales, dónde son de tamaño uniforme o graduado de gruesos a finos, color, olor y aspereza de los granos. Con estos datos y los de las pruebas que a los materiales se les ejecute, se hace un perfil según la simbología para perfiles estratigráficos.

#### **2.3.5.5.1.- DISGREGACIÓN DE MUESTRAS ALTERADAS**

El objeto de la disgregación de las muestras alteradas es de llevarlas a un estado semejante al que van a presentar en la obra durante el proceso de construcción, debiendo entrar en juego el criterio del Ingeniero para decidir hasta donde debe llevarse a cabo dicho proceso de disgregación del material según su destino, equipo y procedimiento de construcción.

El proceso de disgregación es el siguiente:

Se tamiza el material por la malla N° 4 y el retenido se coloca en una charola y se macea dejando caer el mazo de madera sobre el material en forma vertical. Disgregada la muestra retenida en la malla N° 4 se mezcla con la que pasó dicha malla y se somete al proceso de cuarteo.

#### **2.3.5.5.2.- PROCESO DE CUARTEO DE MUESTRAS ALTERADAS**

La muestra disgregada y mezclada eficientemente se forma un cono colocando con una pala el material en el vértice del este y permitiendo que busque su acomode. Con la misma pala, que debe ser de tipo rectangular, se forma un cono truncado de unos 15 cm de altura y se divide en un cuadrante por medio de una regla graduada. Se mezcla el material de 2 cuadrantes opuestos y se repite la operación hasta obtener la cantidad deseada, demuestra para las pruebas a ejecutar.

### **2.3.6.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELO**

#### **2.3.6.1.- CONTENIDO DE HUMEDAD**

Para determinar el contenido de humedad de un suelo se pone la muestra pesada de un horno a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$  hasta obtener un peso constante. En general, no es muy práctico hacer varias medidas de peso para determinar si se ha obtenido un estado de peso constante en la muestra; lo que se hace comúnmente es de suponer que después de un periodo de horneado de 18 horas (a menudo durante la noche), la muestra se encuentra en estado de peso constante y dicho peso se registra como el de suelos secos más el de recipiente.

Los Laboratorios modernos cuentan con equipos que nos permiten determinar el contenido de humedad en pocos minutos; la Facultad de Ingeniería Civil de la UNSM, cuenta con un equipo Speedy y una balanza eléctrica con estufa, lo que permite obtener el contenido de humedad, en menor tiempo, que el proceso inicial descrito.

### **2.3.6.2.- GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS**

#### **CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS POR SU TAMAÑO**

En las clasificaciones basadas en las características granulométricas es costumbre distinguir las distintas fracciones por el nombre de algunos tipos de suelo, como arena gruesa, limo medio, etc. Esto es conveniente en descripciones en la conversación. El “Termino arena gruesa”, por ejemplo es más expresivo que “fracción comprendida entre 0.6 y 2mm”.

Desgraciadamente, las distintas clasificaciones no coinciden en la especificación de los límites adecuados. Esto es, en cierto modo, natural, pues cada ciencia mira el suelo desde distintas necesidades.

Todas estas clasificaciones tienen algo de arbitrario, pues no se pueden establecer divisiones claras entre los elementos de una serie continúa.

### **2.3.6.3.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

El estudio y análisis de la distribución de los granos en sus diferentes tamaños de una masa de suelo se conoce como granulometría del suelo, sus características y parámetros son índices indicadores que se usan para la clasificación de acuerdo a un sistema o al interés de la mecánica de suelos y sus aplicaciones en Ingeniería Civil.

El Ingeniero generalmente está más enterado de los métodos para su determinación de que los criterios técnico y del comportamiento probable, considerando que para aplicar normas simplistas se requiere suficiente conocimiento y meditación, para evitar interpretaciones y errores inaceptables.

Se presenta algunas consideraciones que pueden dar crédito a lo enunciado:



Una granulometría bien graduada en un suelo es índice de una mayor densidad volumétrica que una mal graduada por las mismas condiciones de origen y mineralogía de los granos.

Los índices de uniformidad no indican tamaños semejantes, sino todo lo contrario; es decir es un índice de desuniformidad.

El contenido de finos no indica necesariamente que éste constituido totalmente de arcillas, pueden ser iguales tamaños ligeramente en el límite de la criva que corresponde a limos, donde se requiere de otro análisis como índice de Atterberg, o el tubo cerrado + agua +suelo= agitar y observar la sedimentación de las partículas según store y principalmente la parte más fina que si es arcilla queda en suspensión por mucho más tiempo que otras.

### **OBJETIVO**

Es determinar el tamaño de las partículas o granos que constituye el suelo. La cantidad de granos de los distintos tamaños son expresados en porcentaje de su peso total.

### **PROCEDIMIENTO**

1. Obtener exactamente 500gr. (las muestras mayores son estadísticamente más representativas).

Si la muestra debe lavarse no es necesario pulverizar el suelo; sin embargo el proceso se agiliza considerablemente si con anterioridad se pulveriza el suelo seco y se hace pasar a través de un tamiz N° 200 descartando la fracción menor.

2. Si la muestra contiene apreciable cantidad de gravas, finos, o a discreción del laboratorista, el lavado se puede omitir, y en ese caso seguir al paso 4.

3. Verter cuidadosamente el residuo, con ayuda de agua, en un recipiente desecador, por un tiempo suficiente hasta lograr que el agua en la parte superficial de la suspensión se vuelva transparente.

Botar tanto como se pueda de esta agua transparente, y colocar el recipiente con la suspensión suelo y agua en el horno para secarlo.

4. Al día siguiente regresar al laboratorio y pesar el residuo secado al horno (si no se ha hecho el lavado).

Al día siguiente (se ha hecho el lavado) hacer pasar la muestra a través de una serie de tamices que varíen desde los diámetros inferiores abajo. Como el objetivo es lograr una curva semilogarítmica del porcentaje del material más fino contra el tamaño de las partículas; será necesario obtener una distribución razonable de puntos a lo largo del rango del potencial de diámetros presentes en la muestra.

5. Colocar la serie de tamices en el agitador eléctrico y tamizar aproximadamente de 5 a 10 minutos, dependiendo de la inspección visual sobre dificultad probable de la cantidad de material.
6. Quitar la serie de tamice del agitador mecánico y obtener el peso del material que quedó retenido en cada tamiz. Sumar éstos pesos y comparar el total con el peso total obtenido en el paso 4.
7. Calcular el porcentaje de cada tamiz dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos por el peso de la muestra original utilizado en el paso 2. Esto es válido ya que el material que haya pasado a través del tamiz N° 200 pasaría cualquier otro tamiz por encima del tamiz N° 200 en la serie.
8. Calcular el porcentaje que pasa comenzando por 100% y substraer el porcentaje retenido en cada tamiz como un proceso acumulativo.

#### **2.3.6.4.- CURVAS GRANULOMÉTICAS**

La forma de la curva da inmediata idea de la distribución granulométrica del suelo, un suelo constituido por partículas de un solo tamaño estará representado por una línea vertical, una curva muy tendida indica gran variedad en tamaños.

Allen Hazen denominó diámetro efectivo,  $D_{10}$  al que corresponde al 10% en la curva acumulativa, concediéndole un papel predominante en la permeabilidad del suelo. Hay que tener cuidado. Pues esta definición del diámetro efectivo, solo se refiere a arenas.

Como una medida simple de la uniformidad de un suelo, Allen Hazen propuso el coeficiente de uniformidad:

$$C_u = D_{60}/D_{10}$$

En donde:

$D_{60}$ : es el tamaño de partícula que corresponde al 60% en peso.

$D_{10}$ : es el tamaño tal que corresponde al 10% en peso, del suelo.

Como dato complementario necesario para definir la uniformidad, se define el coeficiente de curvatura del suelo con la expresión:

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{60} \times D_{10})$$

$D_{30}$  se define análogamente como los  $D_{10}$  y  $D_{60}$  anteriores.

Los suelos con  $C^u < 3$  se considera muy uniforme, el coeficiente de curvatura tiene un valor entre 1 y 3 en suelos bien graduados, con amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

#### **COLOR**

En el suelo, el color es una de las propiedades más características y es el que se deja apreciar a primera vista.

Los suelos varían en coloración desde el blanco, pasando por el rojo al negro y una gran variedad de tonos, sin embargo, siempre el color del suelo depende del mineral alterado y transformado, así el mineral de hierro

oxidado es de color sangre, el hidratado de color amarillo y el de manganeso es de color negro a verde por oxidación. En suelos, el color negro y sus tonalidades grises, se debe generalmente al contenido de materia orgánica alterada o en alteración.

### **POROSIDAD INDICE DE POROS**

Los suelos y las rocas no son nunca sólidos simples; son, cuando menos, sistemas de dos fases: partículas sólida y un líquido, o bien partículas sólidas y un gas. El líquido es normalmente el agua, y el gas, aire con vapor de agua.

Se llama porosidad “n” a la fracción de su volumen ocupada por los poros, tanto si éstos están llenos de agua como si lo están de aire o de una mezcla de ambos.

El índice de poros “e”, es igual a la razón del espacio ocupado por los poros al espacio ocupado por las partículas sólidas.

### **PESO ESPECÍFICO DENSIDAD**

Estas dos magnitudes tendrán, para nosotros, la misma definición que en Física: densidad es la masa por unidad de volumen, y peso específico el peso por unidad de volumen.

### **PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTICULAS DE UN SUELO**

Para determinar el “peso específico de las partículas” sólidas de un suelo, en el caso de que este posea diversos tamaños, es conveniente dividirlo por medio del tamiz N° 4 A.S.T.M. El peso específico de las partículas inferiores al tamiz N° 4 se obtiene por medio de picnómetro.

Consiste este aparato en un recipiente de 50 cm<sup>3</sup> tapado por medio de un tubo de vidrio de pequeña sección inferior. Este tubo lleva una señal, y siempre que se tome el peso del picnómetro lleno de agua y sólidos se hace con el líquido enrasado hasta la señal.

La pequeña sección interior del tubo nos garantiza que el error cometido al suponer que se trata siempre del mismo volumen es muy pequeño.

Para hallar el peso específico de las partículas de un suelo determinado se comienza por hallar el peso del picnómetro vacío. A continuación se añade agua hasta la mitad del picnómetro aproximadamente. Para expulsar el aire que haya podido quedar alojado en los poros de las partículas o adheridos en forma de burbujas a las mismas o a las paredes del picnómetro, lo mejor es conectar el aparato a una bomba de vacío. También se puede hervir el agua suavemente. Por último, se coloca el recipiente en un baño termostático se añade agua hasta enrasar, se toma la temperatura y, una vez secado cuidadosamente por su parte exterior, se halla el peso,  $W$ , del recipiente con su contenido.

Sean:

$G$  = peso específico relativo de las partículas sólidas.

$W_0$  = peso de un volumen de agua = al del suelo seco a 4° C.

$W_1$  = peso de un volumen de agua igual al del suelo seco a la temperatura del baño termostático.

El peso relativo de las partículas será:

$$G = W_s / W_0$$

O sea:

$$G = (W_s / W_1) * G_w$$

Siendo  $G_w$  el peso específico del agua a la temperatura ambiente.

Por tanto:

$$G = G_w \{ W_s / (W_w + W_s + W) \}$$

El peso específico de las partículas se designa por:  $\gamma_s$

Cuando se trata de arena compuesta de granos de distinta naturales, el pequeño volumen del picnómetro puede hacer que la muestra introducida en él no sea representativa, por lo que se emplea con frecuencia un matraz de 500 cm<sup>3</sup>.

### **2.3.6.5.- DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD EN EL CAMPO**

Existen varios métodos para determinar la densidad en el campo entre los que podemos nombrar a los siguientes:

- El método del cono de arena
- El Equipo de balón de densidad
- Método del aceite

El método del cono de arena así como el método del aceite, se pueden realizar con los equipos de la F.I.C. – U.N.S.M.; siendo el primero el que se ha utilizado en el desarrollo de la investigación.

### **2.3.6.6.- MÉTODO DEL CONO DE ARENA**

El método del cono de arena representa una forma indirecta de obtener el volumen del hoyo. Se usa la arena de Ottawa que no es otra cosa que arena que pasa el tamiz N° 20 y esta se encuentra retenida por el tamiz N° 30°.

Generalmente es deseable tener una arena uniforme “o de un solo tamaño”.

### **OBJETIVO**

Determinar la densidad del suelo en el terreno.

### **PROCEDIMIENTO**

Para tomar éste tipo de densidad se trabaja sobre un área de mas o menos 50cm. De diámetro limpiando y eliminando todo material suelto comprendido en ésta área y efectuando un hoyo cilíndrico, con la ayuda de un cuchillo, de aproximadamente 12 cm. De diámetro y de 12 a 18 cm de profundidad (procurando que la profundidad del hoyo sea igual o mayor que su diámetro).

En el caso que el material extraído del hoyo tenga piedras más o menos grandes es necesario practicar un hoyo de mayores dimensiones, pudiéndose tomar como referencia lo siguiente:

El volumen del hoyo que represente el volumen de muestras extraída, se mide la arena seca calibrada que se tiene en el frasco, esto es por la diferencia de pesos antes y después de vaciada la arena en el hoyo y dividiendo esta diferencia entre la vaciada la arena en el hoyo y dividiendo esta diferencia entre al densidad aparente de la arena (densidad conocida previamente),

Es decir:

Volumen del hoyo = Peso de la arena calibrada para llenar el hoyo/Densidad de la arena calibrada.

Luego de haber practicado el hoyo cilíndrico, el material cuidadosamente extraído de él, se pesa en su integridad y de inmediato se lo lleva al Laboratorio para evitar pérdida de humedad secándolo en la estufa a 110° C. hasta alcanzar un peso constante con el propósito de transformar el suelo natural a suelo seco

Finalmente, la densidad “in situ” se obtiene dividiendo el peso del suelo extraído y transformando a suelo seco entre el volumen del hoyo, como se muestra en la siguiente fórmula.

Densidad “insitu”= Peso suelo seco del hoyo/ volumen del hoyo

DENSIDAD RELATIVA (compacidad Relativa)

En los suelos conformados por partículas gruesas (gravas y arenas), es muy importante conocer su densidad relativa que viene expresada de la siguiente manera:

$$Dr = (e_{\text{máx}}e_{\text{nat}}) / (e_{\text{máx}}-e_{\text{mín}})$$

Generalmente la densidad relativa se expresa en porcentajes.

En la que  $e_{\text{máx}}$ ,  $e_{\text{nat}}$ ,  $e_{\text{mín}}$  son, respectivamente, la relación de vacío en su estado más suelto en su estado más compacta y en su estado natural.

Otra forma de expresar la compacidad relativa es haciendo uso de los pesos volumétricos “secos” en su estado natural, en su estado suelto y en estado máximo como se indica a continuación:

$$Dr = \left\{ (\gamma_{nat} - \gamma_{min}) / (\gamma_{máx} - \gamma_{min}) (\gamma_{máx} / \gamma_{nat}) \right\}$$

Para llevar un material granular a su granular a su estado más suelto posible relación de vacíos máxima), éste es secado y luego vaciado, desde una altura pequeña, dentro de un recipiente de volumen conocido.

### **PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA DENSIDAD MÍNIMA**

Para obtener la densidad mínima en el laboratorio se procede de la siguiente manera:

1. Extraer de la calicata aproximadamente 5 Kg. De suelo y llevarlo al laboratorio.
2. En el molde de compactación de medidas estandarizadas, se introduce la muestra desde una pequeña altura, evitando en lo posible que la muestra se compacte. Se realiza la operación tres veces consecutivas de las cuales se toma la que nos dé el valor más bajo.
3. La densidad mínima se halla con la siguiente fórmula.

$$\gamma_{min} = (Peso_{(molde + material)} - Peso_{(molde)}) / Volumen_{(molde)}$$

### **PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA DENSIDAD MÁXIMA**

Para obtener la densidad máxima, se usa el material utilizado en la obtención de la densidad mínima, y se procede de una forma análoga; pero, esta vez el material es compactado en pequeñas capas hasta obtener la mayor compactación posible.

La densidad máxima se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\gamma_{min} = (Peso_{(molde + material)} - Peso_{(molde)}) / Volumen_{(molde)}$$



### **2.3.6.7.- LIMITE DE ATTERBERG**

Se le acredita a TERZAGHI (1925) el reconocimiento del uso de los límites líquido (LL) y plástico (L.P.) como valores índices de consistencia, CASAGRANDE (1932) modificó el método original de ATTERBERG para determinar el (L.L) mejorando la reproducción del ensayo.

El límite de contracción (modificado del método original de ATTERBERG por Terzaghi 1925), es aplicado a cualquier suelo, especialmente en suelo árido donde pueden experimentarse grandes cambios de volumen con el cambio de contenido de humedad.

Estos ensayos fueron desarrollados para suelos cohesivos.

Un suelo que posea algo de cohesión, según su naturaleza y la cantidad de agua que tenga, puede presentar propiedades que lo incluyan en el estado sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso. Los límites de ATTERBERG marcan una separación arbitraria, pero suficiente en la práctica, entre estos cuatro estados:

Los límites de ATTERBERG son, en la actualidad, una de las determinaciones, que con más profusión se practica en los laboratorios de Mecánica de Suelos. Su utilidad deriva de que gracias a la experiencia acumulada en muchos miles de determinaciones, es suficiente conocer sus valores para poder dar una idea del tipo de suelo y sus propiedades. Como por otra parte, se trata de determinaciones sencillas y rápidas, permiten una pronta identificación de los suelos y la selección adecuada de muestras típicas para ser sometidas a ensayos más perfectos y complicados. Pertenecen, con el análisis granulométrico, al tipo de ensayos de identificación. Pero si el análisis granulométrico nos permite conocer la magnitud cuantitativa de la fracción fina, los límites de atterberg nos indican su calidad, completando así el conocimiento del suelo.

Los límites de Atterberg tienen aplicación en la detección de arcillas expansivas.

#### **2.3.6.7.1.- LÍMITES LÍQUIDO**

El límite líquido es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como material plástico. A este nivel de contenido de humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

El límite líquido es útil algunas veces, para predecir la máxima densidad en estudios de compactación y sirve además para la clasificación de suelos.

#### **OBJETIVO**

Determinación del límite

#### **PROCEDIMIENTO**

1. Pulverizar una cantidad suficiente de suelo secado al aire (de una muestra de 5 Kg. Puesta a secar al aire la semana anterior a la ejecución del ensayo), para obtener una muestra representativa del material que pasa a través del tamiza N° 40 de 250.00gr. aproximadamente. Es necesario asegurarse de botar el remanente retenido en el tamiz pues no es representativo del suelo que se trajo del terreno.
2. Además se debe asegurar, mediante el uso de un mortero, la destrucción de todos los grumos presentes; una de las principales fuentes de error del ensayo consiste en fallar en la obtención de una muestra realmente representativa, al permitir que muchos “finos se queden retenidos en forma de grumos en el tamiz N° 40.
3. Colocar los 250 gr. De suelo en un recipiente de porcelana, añadir una pequeña cantidad de agua y mezclar cuidadosamente el suelo hasta obtener un color uniforme y ésta adquiere una apariencia cremosa, su estado es adecuado en general. Se debe continuar añadiendo pequeñas cantidades adicionales de agua y mezclando cada vez hasta obtener una mezcla homogénea. Cuando se

encuentra el suelo en un punto de consistencia (pegajosidad) tal que se puede estimar (o simplemente hacer un ensayo de prueba) que tomará alrededor de 50 golpes para cerrar en una longitud de 12.7mm. la ranura, separar y guardar alrededor de 50 Gr. De esta muestra adecuadamente mezclada, del plato en el que se está trabajando para la determinación posterior de LIMITE PLÁSTICO.

A continuación se debe añadir un poco más de agua de manera que la consistencia resultante permita un número de golpes para la falla en el rango de 20 a 40.

4. Remover la cazuela de bronce del aparato de límite líquido y colocar dentro de la cazuela una pequeña cantidad de suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la herramienta ranuradora, bien centrada en la cazuela con respecto al pasador. A continuación se debe emparejar la superficie de la pasta de suelo cuidadosamente con una espátula, y mediante el uso de la herramienta ranuradora, cortar una ranura clara y recta que separe completamente la masa del suelo en dos partes. La mayor profundidad del suelo en la pasta deberá estar aproximadamente igual a la altura de la cabeza del ranurador. La profundidad de la ranura deberá ser homogénea en toda su longitud. El suelo no debe prácticamente ser alterado por los “hombres” de la herramienta.

Después de hacer la ranura, se debe retomar rápidamente la cazuela a un sitio del aparato y hacer el conteo de golpes. Si se permite una demora innecesaria en este proceso, y la humedad ambiental del Laboratorio es baja se puede secar la superficie de la muestra, lo cual afectará el conteo de golpes.

Regresar al laboratorio al día siguiente y pesar todas las muestras secadas en el horno para poder calcular los contenidos de humedad correspondiente.

Partiendo de la hipótesis de que la pendiente de la relación número de golpes a contenido de agua representada por una escala seminúmero de golpes a contenido de agua representada por una escala semilogarítmica es una línea recta, en la cual el límite líquido puede ser obtenido a partir de cualquier punto de la curva Lambe ha sugerido el empleo de la expresión que sigue:

$$L.L. = w (N/25)^{0.121}$$

En la que:

L.L. = Límite líquido, calculado, del suelo.

W = Porcentajes de humedad arbitraria del suelo con respecto al peso seco.

N = Número de golpes necesario, para cerrar la ranura en la copa de Casagrande, correspondiente a w.

Como puede observarse, la ecuación de Lambe permite calcular el límite de un suelo en base a un solo punto del método mecánico. Esto elimina tiempo y además, el variable operador.

La fórmula de Lambe puede ser usado con suficiente grado de precisión en el cálculo del límite líquido de un suelo siempre y cuando se amase la pasta del suelo con un contenido de humedad tal que se cumpla con la condición imprescindible, de que N (número de golpes esté comprendido entre 20 y 30.

En ensayos de investigación conveniente más hacer uso del método mecánico normalizado.

Para facilitar el empleo de la fórmula, ésta se puede simplificar así:

$$L.L. = w .F$$

$$F = \text{Factor de corrección} = (N/25)^{0.121}$$

Otro procedimiento, que se usa mucho para determinar el límite líquido en los laboratorios de campo, consiste en que, estando el material en la copa de Casagrande con la ranura hecha como ya se ha indicado en el

procedimiento normalizado, dar 25 golpes y ver si la ranura se cierra los 12.7mm. En caso contrario, se recoge el material de la copa, se agrega agua a la pasta o se seca, según el caso y se repite el procedimiento hasta conseguir que con los 25 golpes la ranura se cierre en su base los 12.7mm Especificados. Cuando ello suceda, se extrae la muestra una determinada cantidad, se coloca en un recipiente adecuado, se pesa, se seca en un horno a temperatura constante y se vuelve a pasar una vez seca. El límite líquido se calcula así:

$$L.L. = (P_h - P_s)/P_s \times 100$$

En la que:

L.L = límite líquido en %

$P_h$  = Peso de la muestra húmeda, en gramos

$P_s$  = Peso de la muestra seca, en gramos

Cuando a un suelo sea necesario calcularle la concentración lineal (como más adelante se verá), el límite líquido es conveniente determinarlo por este procedimiento al material con la humedad necesaria para hacer la mencionada prueba de concentración lineal.

#### **2.3.6.7.2.- LIMITE PLÁSTICO**

El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.

El límite plástico se ha definido arbitrariamente como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro se rompe o se resquebraja, cuando se enrolla a un diámetro de 3mm. Aproximadamente. Esta prueba es bastante más subjetiva (dependiendo del operador) que el ensayo del límite líquido, pues la definición del resquebrajamiento del cilindro de suelo así como del diámetro, están sujetas a la interpretación del operador. El diámetro puede establecerse durante el ensayo por comparación con un alambre común o de soldadura del mismo diámetro. Con la práctica, se encuentra que los valores del

límite plástico, pueden reproducirse sobre el mismo suelo por parte de diferentes laboratoristas, dentro de un rango del 1 al 3%.

### **OBJETIVO**

Determinación del contenido de humedad correspondiente al límite plástico.

### **EQUIPO**

- Balanza eléctrica o balanza de precisión de 311 gr. de capacidad.
- Alambre de 3mm. De diámetro (para comparación)
- Placa de vidrio

### **PROCEDIMIENTO**

1. Colocar unos 20 gr. De muestra (obtenida del paso N° 3 del límite líquido) sobre una placa de vidrio.
2. Hacer cilindros de aproximadamente 3mm. De diámetro .Si el cilindro se desmorona a un diámetro superior a mm, Esta condición es satisfactorio para definir el límite plástico si el cilindro se había enrollado con anterioridad hasta más o menos 3mm. La falla del cilindro se puede definir de la siguiente forma:
  - a) Simplemente por separación en pequeños pedazos
  - b) Por desprendimiento de escamas de forma tabular (cilindros huecos) de adentro hacia fuera del cilindro o hilo de suelo.
  - c) Pedacitos sólidos en forma de barril de 6 a 8mm. De largo (para arcillas altamente plásticas).

Para producir la falla no es necesario reducir la velocidad de enrollado y/o la presión de la mano cuando se llega a 3mm. De

diámetro. Los suelos de muy baja plasticidad son una excepción en este sentido.

3. Esta secuencia debe repetirse el número de veces que se requiera para producir suficientes pedazos de cilindro que permita llegar a 10gr. aproximadamente.
4. Para el pesado se usará la balanza eléctrica y el supuesto caso de no existir suministro de energía eléctrica se usará la Balanza CENT – O-GRAM.

Luego se pondrán las muestras en el horno a una temperatura de  $105 \pm 5^\circ \text{C}$ .

5. Regresar al laboratorio al día siguiente y sacar todas las muestras secada en el horno para poder calcular los contenidos de humedad.

#### **2.3.6.7.3.- LÍMITE DE CONTRATACIÓN**

El límite de Contratación (LC) de un suelo se define como el por ciento de humedad con respecto al peso seco de la muestra, con el cual, una reducción de agua, no ocasiona ya disminución en el volumen de suelo. La diferencia entre el límite plástico y el límite de contracción se llama índice de contratación (IC) y señala el rango de humedad para el cual el suelo tiene una consistencia semi-sólida.

Para la determinación del límite de concentración, es necesario contar con el equipo siguiente, que consta de: vasito de cristal de fondo plano de 1.27 cm. (1/2”) de alto y un diámetro interior de 4.4 cm. (13/4”); mercurio líquido en cantidad aproximada de 300 cm<sup>3</sup>; regla metálica con bordes lisos para alisar la superficie del mercurio colocado en el vasito de porcelana; placa de vidrio con tres agujas colocadas según se indica en la figura; una probeta de cristal graduada con capacidad de 25cc, con graduaciones de 0,2 cc; vaso de cristal con

borde liso; cápsula de porcelana; espátula, balanza con sensibilidad de 0.01gr y una placa lisa de vidrio.

El procedimiento a seguir en la determinación del límite de contracción (L.C.) es el siguiente:

- a) Se determina el volumen del vasito de porcelana llenándolo con mercurio líquido y nivelando su superficie con la placa lisa de cristal. Habiéndose llenado el vasito, para medir su volumen, se vacía el mercurio en la probeta graduada.
- b) Tómesese unos 30gr. del material que pasa la malla N° 40 y añádase agua hasta formar una mezcla pastosa, cuya consistencia sea próximamente, la misma que la que tiene el suelo cuando su contenido de humedad es igual al límite líquido.
- c) Para que el material no se adhiera a las paredes del vasito de porcelana, dichas paredes deben cubrirse con una delgada capa de vaselina o de aceite.
- d) Se coloca la capa pastosa en el vasito de porcelana en tres capas iguales, se golpea sobre una superficie lisa hasta obtener una distribución uniforme del material.
- e) Una vez lleno el vasito con la masa pastosa, alísese la superficie quitado el material sobrante con la regla metálica. El volumen de esta masa de material húmedo será igual a la del vasito de porcelana ( $V_h$ ).
- f) Se pasa el vasito de porcelana con la masa pastosa y antes de colocarla al horno deje que la masa se seque un poco al aire libre.
- g) Métase el vasito con la muestra al horno a una temperatura de 100 a 110°C hasta tener un secado completo.



- h) Sáquese del horno el vasito con la muestra seca y estando a temperatura ambiente pésese y regístrese dicho peso ( $P_s$ ).
- i) El volumen ( $V_s$ ) de la muestra seca, se obtiene como sigue: llénese el vasito de cristal con mercurio líquido y nivélese su superficie con la placa de vidrio que tiene agujas. Introdúzcase el panecillo seco cuidadosamente, evitando las burbujas de aire en el vaso lleno de mercurio, empujándolo con agujas de la placa de vidrio. Al introducirse el panecillo de suelo, él desalojará una cantidad de mercurio igual a su volumen ( $V_s$ ).
- j) Se calcula el límite de contracción por la fórmula:

$$\text{L.C. } \{(P_h - P_s - (V_h - V_s) D_w) / P_s\} * 100$$

$$\text{L.C. } \{(W - (V_h - V_s) D_w) / P_s\} * 100$$

Donde:

$D_w$  = densidad del agua

### **2.3.7.- ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

El índice de plasticidad IP, es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Al igual que otros factores, cuanto mayor es el índice de plasticidad de un suelo menor es su permeabilidad.

A las arenas limpias s les atribuye un índice de plasticidad nulo, aunque en realidad su valor no se puede determinar con exactitud.

### **CONTRACCIÓN LINEAL**

La contracción lineal (CL) se define como el por ciento de contracción, con respecto a la dimensión original, que sufre una barra de suelo de 2cm x 2cm x 10 cm al. Secarse en un horno a 100 – 110° C. Desde una humedad equivalente a la humedad del límite líquido de concentración.

La prueba se ejecuta de la manera siguiente;

- a) Con la misma tapa usada en la determinación del límite líquido por el método directo de 25 golpes, se llena un molde de 2cm. X 2cm.X 10cm, haciendo el llenado en tres capas golpeando el molde contra algún lugar duro para expulsar el aire atrapado. Teniendo el molde lleno se enrasa que se deja al aire libre un buen rato para que se seque un poco y después se mete al horno para su secado a peso constante.
- b) Estando el material seco, se extrae de la barra y se mide su longitud ( $L_2$ ).
- c) La relación entre la longitud que se contrajo ( $L_1 - L_2$ ) y la longitud original ( $L_1$ ) de la barra de su suelo húmedo y multiplicada por 100, da el por ciento de contracción o contracción lineal del suelo.

$$C.L = \{(L_1 - L_2) / (L_1)\} * 100$$

### **2.3.8.- CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

Existen varios métodos de clasificación de los suelos el conocido como sistema Unificado de Clasificación de Suelos, el de la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO), El Sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), El sistema de la ASTM y el Sistema de la Agencia Federal de Aviación (FAA), para nombrar sólo unos cuantos. Actualmente, los departamentos estatales de transporte (antiguos Departamentos de carreteras) utilizan el sistema de clasificación de la AASHTO en Estados Unidos.

#### **2.3.8.1.- SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA AASHTO**

El sistema de clasificación de la AASHTO utiliza además un índice de grupo para comparar diferentes tipos de suelos dentro de un mismo grupo. El índice de grupo se calcula de acuerdo con la ecuación:

$$IG = 0.2^a + 0.005ac + 0.01bd$$

Donde:

**a**= Porcentaje del material más fino que el N° 200, mayor que el 35%, pero menor que el 75%, expresado como un número entero positivo ( $1 \leq a \leq 40$ )

**b**=Porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 mayor que el 15% pero menor que el 55% expresado como un número positivo entero ( $1 \leq b \leq 40$ )

**c**=Porción del límite líquido mayor que 40 pero no mayor que 60, expresada como un número positivo entero ( $1 \leq c \leq 20$ )

#### **2.4.- HIPOTESIS**

Mediante los conceptos adquiridos en el pregrado y la practica efectuada en la presente Tesis elaboraremos un mapa de zonificación de la capacidad portante y del tipo de suelos del Distrito de Morales.

## **CAPÍTULO III:        MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1.- MATERIALES.**

El desarrollo de la presente Tesis de Ingeniería se emplearon los siguientes materiales:

#### **3.1.1.- MATERIALES BIBLIOGRÁFICO**

Libros referentes al tema contemplado en el marco teórico, apuntes de clase del curso de actualización académica.

#### **3.1.2.- MATERIAL DE ESCRITORIO.**

Cartuchos de Tinta para Impresora, CD's, papel A4, lapiceros, mapa geológico de San Martín etc.

#### **3.1.3.- EQUIPO.**

Computadora Pentium IV, Impresora HP 1500 SERIES. Equipos de laboratorio de Suelos y otros.

### **3.2.- METODOS.**

#### **3.2.1.- EXPLORACIÓN DE SUELOS**

##### **3.2.1.1.-RECONOCIMIENTO DE CAMPO**

Los trabajos de campo fueron realizados por el Tesista y el personal de apoyo de la UNSM, Identificando los lugares y zonas, en las cuales se deberían realizar las excavaciones con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del área de estudio, realizándose 12 calicatas o pozos a cielo abierto distribuido convenientemente

##### **3.2.1.2.-EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO (CALICATAS)**

Con la finalidad de determinar las propiedades índice, el perfil estratigráfico, el esfuerzo admisible por zonas de acuerdo a las características de los suelos, se han realizado 12 calicatas o pozos a cielo abierto, distribuidos convenientemente en el área en estudio.

**Muestreo disturbado.-** Se han recuperado muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados durante las excavaciones, en cantidad suficiente o representativa, para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

**Muestreo Inalterado.-** Se han recuperado muestras inalteradas de las calicatas a una profundidad promedio de 3 metros y acondicionadas para el traslado al laboratorio.

**Registro de excavaciones.-** Paralelamente se realizó el registro de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como el buzamiento, humedad, plasticidad, peso volumétrico, etc.

### **3.2.1.3.-ESPACIAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CALICATAS**

El espaciamiento de las calicatas y las características de cada una de ellas varían de acuerdo a la topografía, y ubicación de las zonas más pobladas o donde se puede extender urbanamente

Las calicatas fueron realizadas según la Norma Técnica ASTM D 420, las cuales son aplicables a todos los Estudios de Mecánica de Suelos (EMS).

Los autores y estudiosos indican que para estudios como el muestreo, a fin de lograr una buena precisión del perfil estratigráfico del suelo, se deben tomar muestras a distancias entre los 40 m y 100 m, pero en realidad para lograr perfiles estratigráficos que sean más reales, se deben tomar muestras en distancias más cortas; lo que traería como consecuencia un gasto económico muy alto, por lo que, considerando las características geográficas, geológicas y sociales de la zona. Por ser el estudio realizado para la elaboración de una Microzonificación Urbana, en el presente proyecto, se han realizado las excavaciones de 12 calicatas o pozos a cielo abierto a una profundidad no menor de 3.00 m; las cuales estaban propensas a cambios de acuerdo a los diferentes factores como pueden ser el Nivel freático, impedimento por ser de carácter cultural, y otros.

El Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), nos ha permitido examinar en su estado natural las características de los tipos de suelo, que constituyen

cada estrato de la zona en estudio, haciendo una descripción completa de los mismos, midiendo su potencia y clasificando los suelos en forma precisa por su textura. Las técnicas de muestreos se ha realizado según la Norma ASTM D 420.

Las muestras llevadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de San Martín, fueron las más representativas y en las cantidades reglamentarias para cada tipo de material, escogidos luego del cuarteo respectivo.

Para el transporte de las muestras extraídas, se han utilizado bolsas plásticas y recipientes cerrados herméticamente, a los cuales para su identificación, se les colocó etiquetas con los siguientes datos:

- Nombre del Proyecto.
- Lugar de ubicación.
- Fecha de excavación.
- Número de calicata.
- Número de estrato.
- Tipo de muestra.
- Profundidad de la muestra.
- Técnico responsable.
- Perfil stratigráfico.

### **3.2.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Para las muestras extraídas en los puntos de investigación y/o de muestreo de la fase de investigación de campo, se determinaron sus propiedades físicas y mecánicas mediante la ejecución de los ensayos estándar y especiales que se indican a continuación:

<b>2.2.2.1.- ENSAYOS ESTANDAR</b>	<b>NORMA USADA</b>
<b>01</b> Contenido de Humedad Natural	ASTM D2216
<b>02</b> Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D422
<b>03</b> Limite Líquido y Limite Plástico	ASTM D4318
<b>04</b> Clasificación Unificada de Suelos	ASTM D2487

<b>05</b> Peso Específico del Sólido	ASTM D854
<b>06</b> Gravedad Específica de Los Sólidos	ASTM D856
<b>07</b> Peso Volumétrico	ASTM D2937

#### **2.2.2.2.- ENSAYOS ESPECIALES NORMA USADA**

<b>01</b> Corte Directo	ASTM D422
-------------------------	-----------

### **3.2.3.- CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO**

Se determina en base a la teoría de la elasticidad y conociendo el tipo de cimentación recomendado. El asentamiento inicial para:

$$S = \frac{\Delta q_s B(1 - u^2) I_w}{E_s}$$

S = Asentamiento en cm.

$\Delta q_s$  = Esfuerzo neto transmitido (Kg./m<sup>2</sup>)

B = Ancho de la cimentación (m)

$E_s$  = Modulo de elasticidad (Kg./m<sup>2</sup>)

u = Relación de Poisson

$I_w$  = Factor de influencia, en función de la forma y rigidez de la cimentación

Del ensayo de **consolidación** se obtiene el asentamiento para los suelos arcillosos de baja plasticidad (CL), se determinará mediante la expresión.

$$\Delta H = \frac{C_c \text{ Log } (P_i + \Delta P)}{1 + e_0} H$$

$C_c$  = Índice de compresión

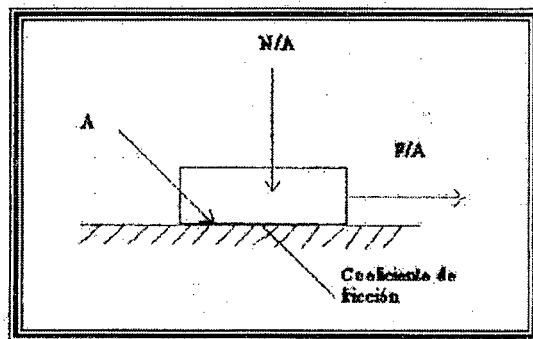
$e_0$  = Relación de vacíos

$P_i$	=	Presión ínter granular o efectiva ( $Tn/ m^2$ )
$\Delta P$	=	Incremento de la presión al suelo por sollicitación externa ( $Tn/m^2$ )
$H$	=	Espesor del suelo en estudio
$\Delta H$	=	Asentamiento (m)

### 3.2.4.- RESISTENCIA CORTANTE DE LOS SUELOS Y DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES

Es conveniente considerar un modelo simple al comenzar la discusión de la La fig 01 presenta un bloque descansando en una superficie plana. El bloque está sujeto a una fuerza normal  $N$ , que actúa perpendicular superficie plana. Si se incrementa gradualmente la fuerza de corte  $F$ , el bloque se deslizará cuando:

fig 01.- Bloque deslizando en un plano



$$F = N \times \mu$$

$$N/A = \sigma$$

$$F/A = \tau$$

$$\text{Coeficiente de fricción} = \mu$$

$$A = \text{Área.}$$

Donde  $\mu$  es el coeficiente de fricción entre el bloque y el plano. Dividiendo los dos Términos por el área de contacto  $A$ , se obtiene:

$$F/A = (N/A) \times \mu$$

$$\tau = \sigma \times \mu$$



Donde  $\tau$  es el esfuerzo de cortante y  $\sigma$  es el esfuerzo normal.

La ecuación  $\tau = \sigma \times \mu$  ; puede

Escribirse como:

$$\tau = \sigma \times \phi$$

### APARATO DE CORTE DIRECTO

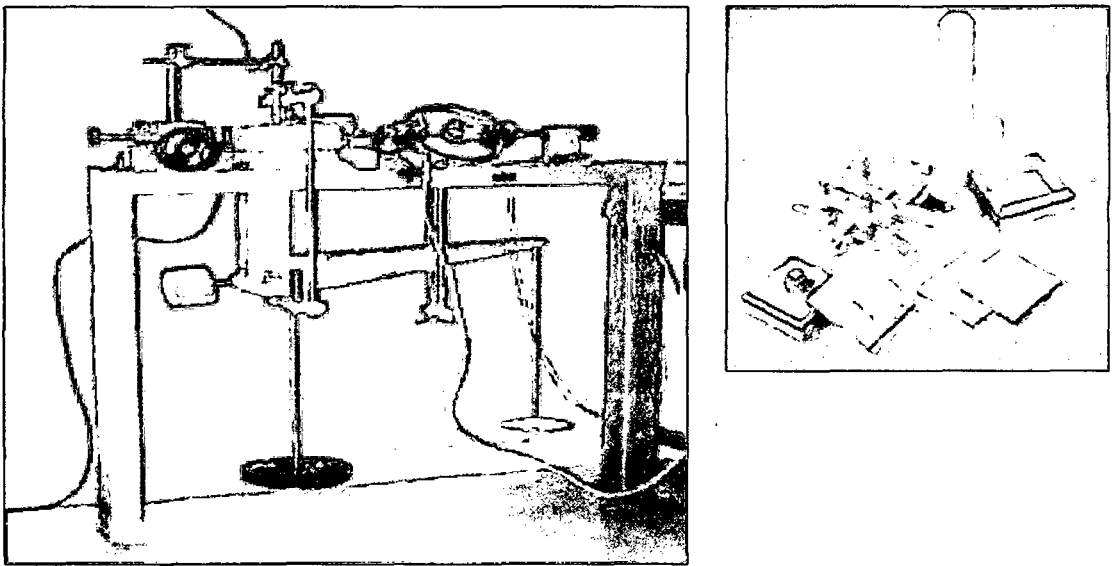


Fig. 02.- Aparato de corte directo y accesorios.

Este aparato se utiliza mucho en los laboratorios de mecánica de Suelos para medir la resistencia cortante de suelos granulares (dicho equipo no es apropiado para ensayar suelos finos). El equipo de corte directo consiste básicamente de una caja partida horizontalmente por la mitad una mitad permanece fija, mientras que la otra se puede mover horizontalmente conforme se aplica una fuerza  $F$ . También puede aplicarse una fuerza normal  $N$ . En la fig 02, el suelo en la parte superior de la caja es análogo al bloque de la fig. 01, mientras que el suelo en la parte inferior es equivalente a la superficie plana donde descansa el bloque.

si se realizan varios ensayos de corte directo en arena seca utilizando diferentes valores del esfuerzos normal, los resultados pueden graficarse en un diagrama donde la ordenada es el esfuerzo cortante ( $\tau$ ), y como abscisa el esfuerzo normal ( $\sigma$ ).

Para cada esfuerzo normal la fuerza cortante aumenta hasta alcanzar un valor máximo; este valor se denomina resistencia cortante para el valor particular de esfuerzo normal utilizado. Un diagrama típico de resistencia cortante se muestra en la fig.03:

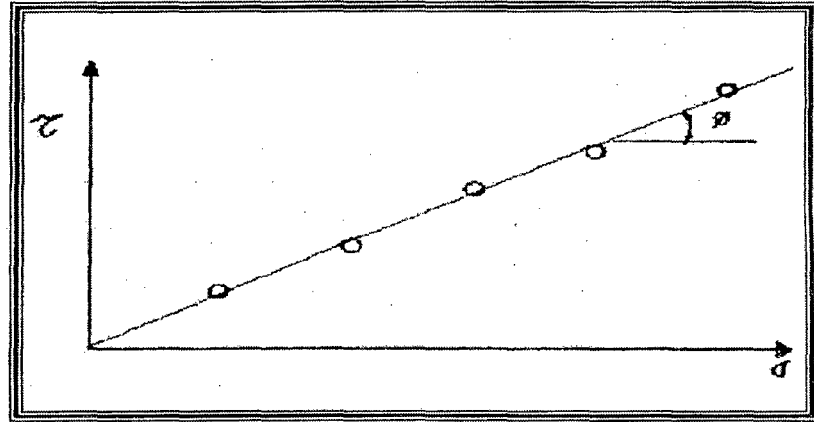


fig. 03.- Diagrama de falla para una arena seca ensayada en corte directo.

Por analogía con el bloque deslizante sobre la superficie plana, la pendiente de la línea recta se denomina  $\phi$  y para suelos es el ángulo de fricción interna . Para la mayoría de arenas secas, el diagrama de falla es una línea recta que pasa por el origen. De este modo, si se conoce el ángulo de fricción  $\phi$  de una arena seca, se puede determinar su resistencia cortante a lo largo de cualquier plano con esfuerzo normal en el campo.

Los resultados, de una serie de ensayos de corte directo en una arcilla dura se ilustran en la fig 04.

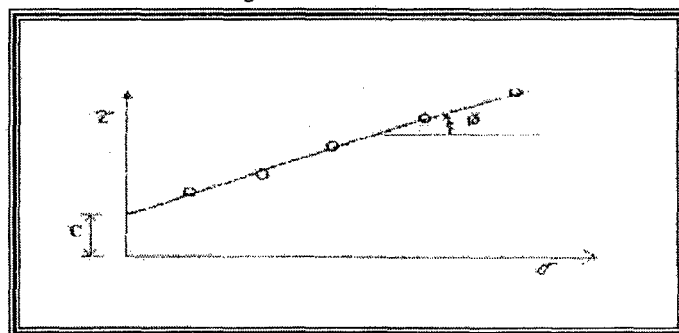


fig. 04.- Diagrama de falla para una arcilla dura ensayada en corte directo

Estos resaltados indican que los puntos pueden asumirse, conformando una línea recta sin embargo, se aprecia en este caso una intersección con el eje vertical. Esta intersección se denomina cohesión del suelo  $C$ , y como antes, la pendiente de la recta se denomina ángulo de fricción interna. En este caso, la resistencia del suelo es:

$$\tau = C + \sigma \operatorname{tg} \phi$$

$$S = C + \sigma \operatorname{tg} \phi$$

Donde:  $S$  es la Resistencia a cortante del suelo.

Las rectas de la fig. 03 y 04 representan la relación entre los esfuerzos cortantes y normales en la falla. Por consiguiente no es posible tener un estado de esfuerzo del suelo por encima de las rectas (es decir, para un esfuerzo normal dado el esfuerzo cortante no puede ser mayor que aquél que ocasiona la falla).

Debido a que los puntos por encima de la recta representan estados inestables (en falla) y los ubicados por debajo son estables, la recta se denomina envolvente de falla del suelo. Los diagramas de resistencia cortante versus esfuerzo se denomina diagrama de Mohr-Coulomb y la ecuación de "S", representa la relación utilizada para definir la resistencia cortante del suelo en función del criterio de Falla de Mohr-Coulomb. La envolvente de resistencia a (falla) de Mohr-Coulomb y los parámetros requeridos para describirla  $C$  y  $\phi$  son muy convenientes de usar, ya que permiten describir la resistencia del suelo para una gran variedad de condiciones de esfuerzos en el campo, con la utilización de solamente dos constantes del suelo,  $C$  y  $\phi$ .

### 3.2.5.-PRUEBA DE COMPRESIÓN AXIAL NO CONFINADA.

La determinación de la resistencia al corte de las arcillas puede basarse en los resultados de la prueba de compresión simple o prueba de compresión axial no confinada, mientras no se demuestre que el método elástico para resolver problemas de estabilidad de estratos naturales de arcilla sea más práctica y más exacto que el método plástico.

Las muestras para el ensayo se obtienen por medio de tubos de pared delgada.

## PROCEDIMIENTO.

Se extraen las muestras del tubo muestreador luego los extremos del espécimen son recortados cuidadosamente con una cierra de alambre fino o con un cuchillo, dejando al espécimen con una relación altura diámetro de 2 a 3.

El espécimen se coloca en la máquina de compresión simple y se centra en el plato inferior. Un brazo de extensión permite la lectura del micrómetro indicador de la deformación vertical.

Se aplica carga a una velocidad tal que haga comprimir al espécimen a razón de 0.5 a 1% de su altura par minuto. La carga queda indicada automáticamente en el micrómetro del anillo de prueba.

El punto de falla se detecta fácilmente cuando el micrómetro del arrillo de la baja la velocidad, se para titubea, y baja mientras que está aún aplicándosele carga. Cuando el suelo es una arcilla muy blanda y no se rompe durante la prueba sino que se de forma entonces se considera como carga de ruptura la que corresponda a una disminución de altura del espécimen de un 20% de su altura inicial.

Se obtiene la carga P de ruptura leída en el micrómetro haciendo uso de su curva de calibración que cada aparato trae consigo.

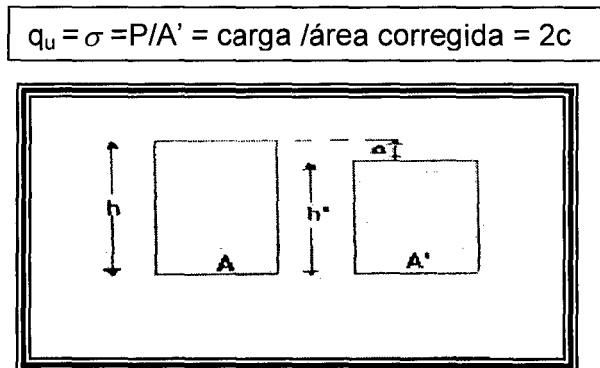


fig a. 05

El área corregida  $A'$  será igual al área inicial  $A$  de la muestra dividida entre uno menos la deformación unitaria o sea:

$$A \cdot h = A' \cdot h' = A' \cdot (h - \Delta) = A' \cdot (h - eh) = A' \cdot h (1 - e)$$

De donde:

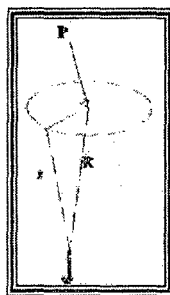
$$A' = A / (1 - e)$$

$e$  : Deformación unitaria

### 3.2.6.- DISTRIBUCION DE PRESIONES

Asegurar que un material es homogéneo equivale a decir que en todos sus puntos, las propiedades físicas son idénticas. Indudablemente que no podemos decir que un suelo saturado de agua sea homogéneo. Decir que un material es isótropo equivale a decir que para cada punto del material las propiedades físicas son la misma en todas las direcciones. En los suelos tampoco podemos afirmar que rige esta hipótesis ya que siendo los suelos formaciones naturales se han consolidado y por lo tanto las propiedades de resistencia en dirección horizontal son diferentes a las de resistencia en dirección vertical.

Se dice que un material es elástico cuando sigue la ley de Hooke, o sea en el cual las deformaciones son proporcionales a los esfuerzos. Si se considera un sólido elástico, homogéneo e isótropo que se extiende en todas direcciones, con una carga aplicada sobre él, se puede determinar la distribución de presiones en su interior. El caso más sencillo de las distribuciones correspondiente a una carga concentrada, vertical, espacio, en la superficie del semi espacio como lo indica la figura que sigue: fig.06



El problema matemático fijé resuelto por Boussinesq en el año de 1865 aplicando la teoría de la elasticidad y las formulas por él obtenidas las cuales llevan su nombre son:

$$\sigma_R \left\{ \frac{P}{2\pi} \left[ \left\{ \frac{3r^2 Z}{(r^2 + Z^2)} - (1-2u)(r^2 + Z^2 + z(r^2 + z^2)^{1/2}) \right\} \right] \right. \\ \left. = \left\{ \frac{P}{2\pi L^2} \right\} \left[ \left\{ 3\sin^2\Theta \cos^3\Theta - \left\{ (1-2u) \cos^2\Theta / (1+\cos\Theta) \right\} \right\} \right] \right\}$$

$$\sigma_t = \left( \frac{P}{2\pi} \right) (1-2u) \left\{ \frac{z}{(r^2 + z^2)^{3/2}} - \left\{ 1 / (r^2 + z^2 + z(r^2 + z^2)^{1/2}) \right\} \right\} =$$

$$\sigma_t = \left( \frac{P}{2\pi L^2} \right) (1-2u) \left[ \cos^3\Theta - \cos^2\Theta / (1+\cos\Theta) \right]$$

$$\sigma_z = \left\{ \frac{P}{2\pi} \right\} \left\{ \frac{3rz^2}{(r^2 + z^2)^{5/2}} \right\} = \left\{ \frac{P}{(2\pi L^2)} \right\} (3\sin\Theta \cos^4\Theta)$$

En el de los suelos, la expresión de Boussinesq que más interesa es aquella que da la presión vertical a  $\sigma_r$  sobre un plano horizontal a la profundidad  $z$  y una distancia radial  $r$ , o sea, la primera de las ecuaciones expuestas.

La forma mas usual de la mencionada ecuación es:

$$\sigma_z = \left( \frac{3P}{2\pi L^2} \right) \left\{ \frac{1}{(1+(r/z)^2)^{5/2}} \right\}$$

También se puede expresar la formula anterior así:

$$\boxed{\sigma_z = \left( \frac{3P}{2\pi L^2} \right) \left\{ \frac{1}{(1+(r/z)^2)^{5/2}} \right\}}$$

o de la siguiente forma:

$$O_Z = K_B (P/Z^2)$$

Donde.

$$K_B = \frac{3}{2\pi} \left\{ \frac{1}{(1+(r/z)^2)^{5/2}} \right\} = 0.478 / (1+(r/z)^2)^{5/2}$$

Como se puede notar, en la Fórmula de Boussinesq no intervienen las constantes elásticas del material, por lo que puede ser aplicada a materiales de muy distinta naturaleza. La carga centrada da el mismo valor de esfuerzo independiente de las constantes elásticas. Las deformaciones de uno y otro cuerpo serán diferentes, pero el esfuerzo es el mismo.

En la práctica lo que se hace es determinar el efecto de un sistema de cargas sobre el suelo aplicando la ecuación de Boussinesq, que más adelante se expone, y para estudiar las deformaciones que ellas producen se extraen muestras inalteradas del suelo y se estudia en un laboratorio cómo se comportan bajo o la acción de los esfuerzos.

Ejemplo. Obtener el valor de  $\sigma_z$ , aplicando la ecuación de Boussinesq para el caso de una carga concentrada de 100 m. Se requiere el esfuerzo a 3.00 metros de profundidad y a una distancia radial de metro y medio.

Datos:

$$P=100\text{Tn} ; r=1.5 \text{ m.} ; z=3.00\text{m.}$$

Remplazando en  $\sigma_z = K_B (P/z^2)$

Donde:

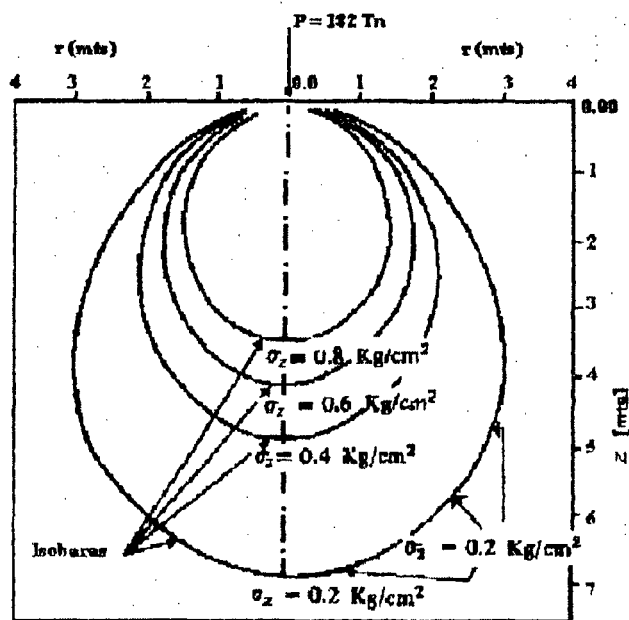
$$K_B = 0.478 / (1+(r/z)^2)^{5/2} = 0.478 / (1+(1.5/3)^2)^{5/2} = 0.2736$$

Por lo tanto:

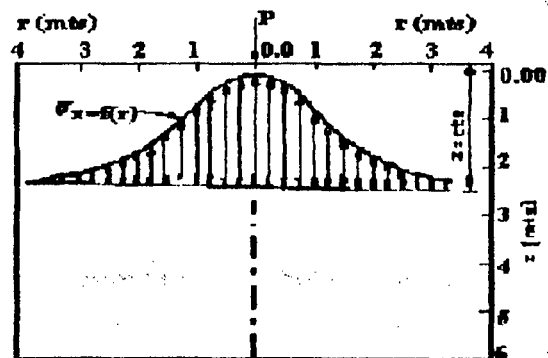
$$\sigma_z = K_B (P/z^2) = (0.2736)(100) / 3^2 = 3.04 \text{ Tn/m}^2$$

Por medio de la teoría de distribución de esfuerzos de Boussinesq se puede graficar dichos esfuerzos de diferente manera. Una manteniendo constante la  $\sigma_z$  con la cual se forma las isobaras o bulbo de presiones como se puede ver en la figura que sigue:

Fig. 07

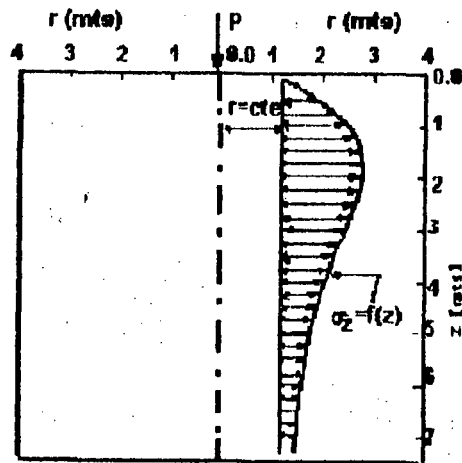


Otra manera de graficar los esfuerzos es por medio de la distribución de esfuerzos sobre un plano horizontal a una profundidad constante  $Z$  como se puede ver en la pagina que sigue donde la primera figura muestra la variación de  $\sigma_z$ , como función de radio. Fig 08



La otra manera de graficar los esfuerzos verticales con profundidad sobre el plano vertical a una distancia  $r$  constante de la línea de acción de la carga vertical concentrada como se puede ver a continuación. Fig.09





Ahora bien, en el caso de que la carga aplicada sobre el plano que limita el semi espacio no esté concentrada, sino que sea una carga uniformemente distribuida sobre una cierta área, podrán obtenerse los valores de los esfuerzos de cada uno de los puntos del semi espacio por medio de una integración de la ecuación de Boussinesq

En el año de 1939, Fadum preparó una tabla que simplifica el problema partiendo el autor de la integración de la ecuación de Boussinesq para una superficie rectangular quedando el punto bajo la investigación a una profundidad z de bajo de una de las esquinas. El valor del esfuerzo vertical a la profundidad z viene dado por la ecuación:

$$\sigma_z = I \cdot q$$

I = Valor de influencia. Que depende de m y de n.

M = Relación entre el ancho del rectángulo y la profundidad z

n = Relación entre el largo del rectángulo y la profundidad z

Así para calcular la presión bajo una esquina de una superficie rectangular cargada uniformemente con una, carga de q (Kg/cm<sup>2</sup>) se calcula los valores de m y n y por medio de la tabla mencionada se calcula el valor de I , el cual se multiplica por el valor de q. Se verá un ejemplo que ilustre sobre la determinación de una profundidad z haciendo uso de la tabla de Fadum.

La presión en un punto a. 5.00m por debajo de la esquina de una zapata de 1.00m. de ancho por 1.20m. de largo que soporta una carga uniforme.

$$q \text{ de } 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$m = B/z = 1.0/5.0 = 0.20$$

$$n = L/z = 1.2/5.0 = 0.24$$

$$I = 0.023 \text{ (tomado de Tabla)}$$

$$\sigma_z = I \cdot q = 0.023 \cdot 2 = 0.046 \text{ Kg/cm}^2$$

Es notorio que una carga concentrada causará una distribución de esfuerzos diferente a la que causará una carga de igual magnitud pero magnitud uniformemente distribuida. Si se considera una carga concentrada P y una carga Q de igual magnitud pero uniformemente distribuida sobre un área cuadrada de lados B, a la profundidad z bajo la carga P el esfuerzo vertical será  $\sigma_1$ , y a la profundidad z bajo la carga Q el esfuerzo vertical será de  $\sigma_2$ . La diferencia numérica entre estos dos valores es función de la relación z/B. Cuando esta relación es de 4, ó mayor de cuatro los esfuerzos se puede considerar prácticamente iguales. de aquí la relación mencionada de Z/B mayor de 4 ó menor de 4 es el punto de partida para saber cuándo se puede trabajar con una carga concentrada. Siendo esta uniformemente distribuida sin embargo, cuando la relación z/B es de 3, el esfuerzo  $\sigma_2$ , es aproximadamente el 95% del esfuerzo  $\sigma_1$  por lo que se puede decir que para. Algunos fines prácticos no es mucha, la diferencia en este caso entre  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$ . Por otro lado, cuando la profundidad z a la se quiere conocer el esfuerzo  $\sigma_2$  es menor de tres veces la dimensión menor del área cargada, el área grande puede dividirse en pequeñas áreas, obteniéndose el esfuerzo  $\sigma_2$ , que cada una de ellas provoca. y su suma dará el esfuerzo  $\sigma_2$  total. Se resolverá un ejemplo

Calcular la presión en un punto a 5 metros de profundidad por de bajo del centro de cimentación de 6 metros de ancho por 20 metros de largo que soporta una carga uniformemente distribuida equivalente a  $2 \text{ Kg/cm}^2$ .

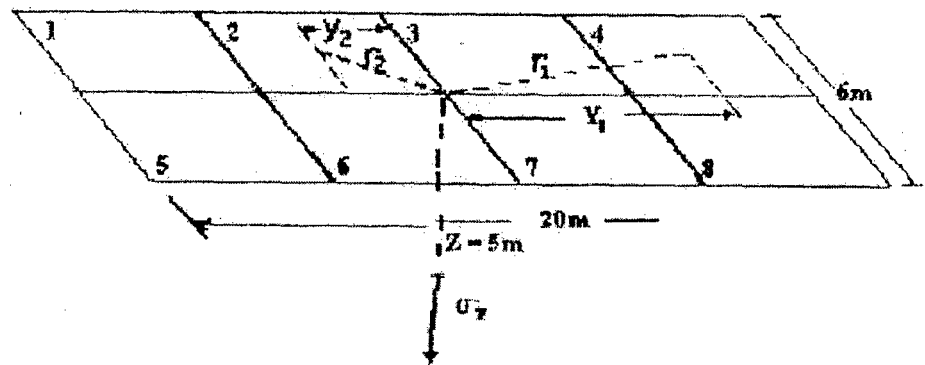
La cimentación de 6 metros x 20 metros se dividirá en 8 recuadros, se calculará la presión vertical  $\sigma_2$  de dos de ellos y se multiplicará el producto por cuatro ya que

el sistema es simétrico en ambos ejes. Tomando los recuadros 1 y 2 , los respectivos valores de r en metros son:

$$R_1 = (x_1^2 + y_1^2)^{1/2} = (1.5^2 + 7.5^2)^{1/2} = (58.50)^{1/2} = 7.6\text{m.}$$

La relación  $r_2/z = 2.9/5.0 = 0.58$  y  $K_2 = 0.231$

(Obsérvese que la cimentación se ha dividido en solo 8 rectángulos con el único fin de no complicar la. solución del problema, pero recuérdese que cada recuadro debe llenar la condición de que  $z/B$  sea igual o mayor de cuatro para que la solución sea correcta). Fig.10



$$\sigma_z = (4)(0.255)(2400/8/5^2) = 4(0.255)(300/25) = 12.2 \text{ Tn/m}^2$$

### 3.2.7.- METODO DE NEWMARK

Otra manera de determinar los esfuerzos verticales, producidos una profundidad determinada, debidos a las cargas superficiales, consiste en Hacer uso del gráfico de influencia de N.M. Newmark que ha continuación se expone.

El esfuerzo vertical  $\sigma_z$ , a una profundidad  $z$  bajo el centro de una área circular de radio  $r$  uniformemente cargada es:

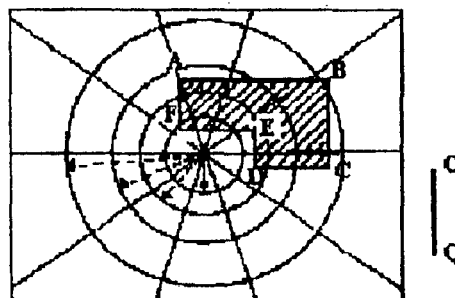
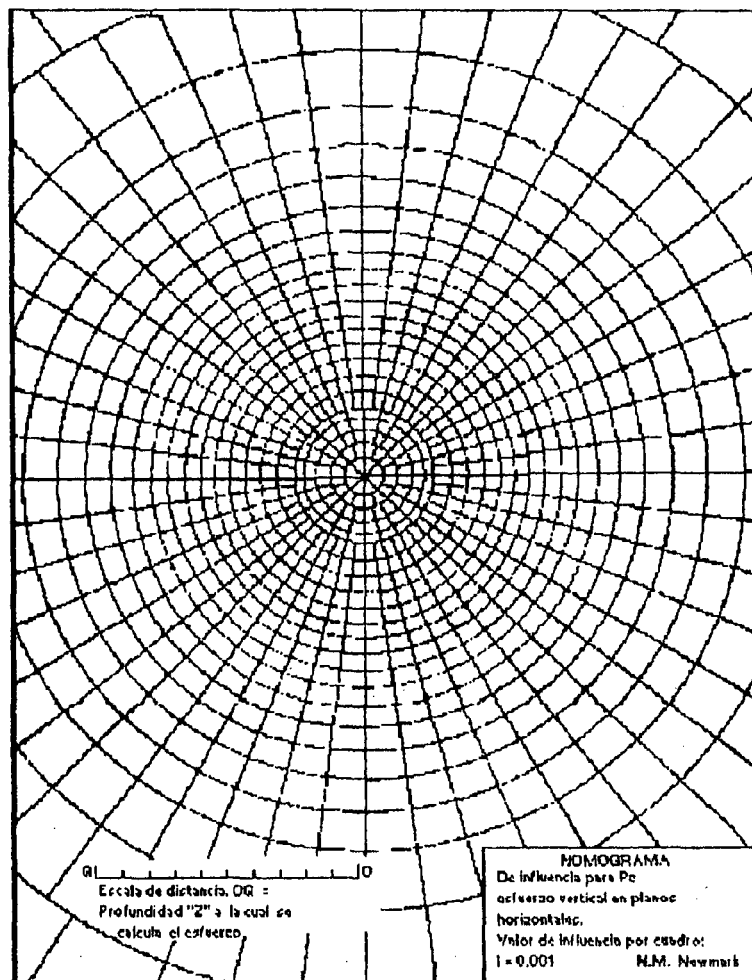
$$\sigma_z = \left\{ 1 - \left\{ 1 / (1 + (r/z)^2) \right\}^{3/2} \right\} q$$

En la que  $q$  es la carga unitaria sobre el círculo y el valor de  $I$  es:

$$I = 1 - \left\{ 1 / (1 + (r/z)^2) \right\}^{3/2}$$

De la ecuación anterior que da el valor del esfuerzo vertical  $\sigma_z$  a una profundidad determinada se puede determinar el valor de  $(r/z)$  que corresponda a  $\sigma_z/q = 0.8$  ya que: fig 11

$$\sigma_z/q = 1 - \left\{ 1 / (1 + (r/z)^2) \right\}^{3/2} \quad \text{y resulta que } (r/z) \text{ es igual a } 1.387$$



Si se representa la profundidad  $z$  (profundidad a la cual se quiere determinar el esfuerzo) a una escala determinada, por ejemplo, si OQ representa a  $z$ , el radio  $r$  correspondiente a  $\sigma_z/q = 0.8$  resulta de multiplicar por, 1.387 el segmento OQ y se puede dibujar la circunferencia. Se puede repetir la operación para otros valores de  $\sigma_z/q$ , por ejemplo, de 0.6, 0.4 etc. y se obtiene el diagrama de la figura ( ) que viene a ser un plano de influencia. De modo que el esfuerzo  $\sigma_z$  vale 0.8 si todo el círculo de radio  $r_{0.8}$  se carga con  $q=1$ . Si sólo se carga la corona limitada por las circunferencias de radios  $r_{0.8}$  y  $r_{0.6}$  y  $q=1$ , entonces  $\sigma_z = 0.8 - 0.6 = 0.2$ . Los radios dibujados dividen cada anillo en diez zonas equivalentes de modo que si se carga una de estas zonas con  $q=1$ , el esfuerzo inducido es de  $\sigma_z = 0.1 \times 0.2 = 0.02$ . Para valores diferentes de  $q=1$ , hay que multiplicar por este valor de 0.02 el valor real de  $q$ .

El procedimiento para usar el diagrama de Newmark es el siguiente:

Se dibuja el plano de la cimentación en papel transparente a una escala tal que el segmento OQ del ábaco represente la profundidad  $z$  del punto en el cual se quiere conocer el esfuerzo  $\sigma_z$ . Se coloca, el papel transparente con el dibujo de la cimentación sobre el ábaco de modo que la proyección del punto que se estudia coincida con el centro O del ábaco. Se encuentra el número de zonas cubiertas por el área de la cimentación y el producto, de este número por el coeficiente de influencia de cada zona y por el valor de  $q$  proporciona el valor de  $\sigma_z$ , en el punto considerado.

Los ábacos usados para el cálculo real de esfuerzos bajo las cimentaciones, tiene un gran número de subdivisiones. Esto permite obtener un valor de influencia muy pequeño y el cálculo de esfuerzos para áreas irregulares se facilita grandemente

En todos los casos, el procedimiento a seguir tiene que definirlo el ingeniero que diseña ya que la clase de obra y el tipo de proyecto serán aspectos que tienen que tomar en cuenta para escoger el procedimiento que crea más adecuado.

En muchas ocasiones puede seguirse un método sencillo para determinar la presión  $\sigma_z$  aproximada, método denominado 2 en 1, en el cual la carga se supone distribuida bajo una pendiente de dos veces la altura por una vez la base. Si suponemos que el nivel del terreno una estructura tiene las dimensiones A y B, a una profundidad z, el peso de la estructura se repartirá sobre un área de lados A+z y B+z. La presión máxima se estima en un 1.5 veces la anterior que es la media.

Ejemplo:

Calcular la presión en un punto a 5 metros de profundidad por debajo del centro de una cimentación de 6 metros x 20 metros de largo que soporta una carga uniforme de 2 Kg/cm<sup>2</sup> (20 Tn/m<sup>2</sup>)

Carga total= 20 x 6 x 20 =2400 Tn.

El área de repartición de dicha carga a una profundidad de 5m es:

$$\text{Área de repartición} = (6+5)(20+5) = 11 \times 25 = 275 \text{ m}^2$$

Así la presión máxima estimada será:

$$\sigma_z = 2400/275 = 8.7 \text{ Tn/m}^2 = 4.87 \text{ Kg/cm}^2$$

La presión máxima estimada será:

$$\sigma_z = 4.87 \times 1.5 = 7.31 \text{ Kg/cm}^2$$

Como puede notarse este valor difiere poco de 1.22Kg/cm<sup>2</sup> obtenido con la ecuación de Boussinesq en el problema anterior.

Conocida ya la forma de cómo se distribuyen las presiones en los suelos, conviene ahora conocer la resistencia de los diferentes estratos para así poder definir si se presentarán o no asentamientos perjudiciales al colocar las nuevas cargas. Esto se estudiará en el capítulo siguiente. Fig 12

$$\sigma_z = P/(A+Z)(B+Z)$$

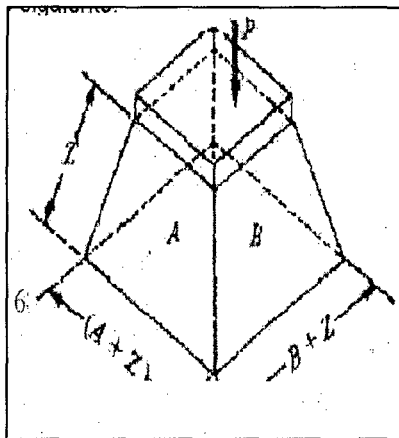


Tabla 01.- valores de  $N_c$ , según Skempton.

$D_1/B$	$N_c$	
	Zapata circular o cuadrada	Zapata continua
0	6.20	5.14
0.25	6.700	5.60
0.60	7.10	5.90
0.75	7.40	6.20
1.00	7.70	6.40
1.60	8.10	6.80
2.00	8.40	7.00
2.50	8.60	7.20
3.00	8.80	7.40
4.00	9.00	7.50
4.00	9.00	7.50

### 3.2.8.- LA TEORIA DE MEYERHOF

A partir de 1951 G. Meyerhof realizo importantes contribuciones al problema de la capacidad de carga de los suelos. Básicamente la teoría de Meyerhof añadió la consideración de los esfuerzos cortantes que puedan desarrollarse en el terreno de cimentación por arriba del nivel de desplante del cimiento, cuyo efecto fue dejado de lado por la teoría de Terzaghi, excepto como sobrecarga. En la teoría de Meyerhof, el suelo que rodea el cimiento, por arriba del nivel de desplante es medio de propagación de superficies de deslizamiento.

La relación entre el ángulo de fricción interna de un suelo granular y la compactación relativa del mismo es expresada por Meyerhof por medio de las siguientes expresiones.

Para suelos granulares con más de 5% de arena fina y limo:

$$\phi = 25 + 0.15 Cr$$

Cr, expresado en porcentaje.

Para suelos granulares con menos de 5% de arena fina y limo.

$$\phi = 30 + 0.15 Cr$$

Cuando no se cuenta con pruebas de laboratorio que sirvan para determinar la cohesión y el ángulo de fricción interna de los suelos, se podría emplear los valores siguientes (aproximados): El limo un  $\phi$  20°. La arena húmeda presenta un  $\phi$  de 10 a 15° Si la arena está seca su  $\phi$  es de 30 a 34°. La grava y la arena cementadas presentan, humedades, un  $\phi$  de 34° con una cohesión de 0.25 kg/cm<sup>2</sup>.



## CAPÍTULO IV:

## RESULTADOS

### 4.1.- CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR FALLA DE CORTE

La capacidad última y capacidad admisible de carga serán determinadas aplicando la teoría de Karl Tersaghi, utilizando la siguiente expresiones:

$$q_u = C N_c' + \gamma D_f N_q' + 1/2 \gamma B N_\gamma'$$

$$q_u = 2/3 C N_c' + \gamma D_f N_q' + 1/2 \gamma B N_\gamma'$$

$$q_{ad} = q_u / F_s$$

**Donde:**

$q_u$  : Capacidad Última de Carga

$q_{ad}$  : Capacidad Admisible de Carga

$F_s$  : Factor de Seguridad

$\gamma$  : Densidad Natural

$B$  : Ancho de la Zapata

$D_f$  : Profundidad de la Cimentación

$C$  : Cohesión

$N_c', N_q', N_\gamma'$ : Factores de Carga en Función del Angulo de Fricción " $\phi$ "

#### **ZONA I:**

– Angulo de fricción interna	:	$\phi$	=	10.90°
– Cohesión	:	$C$	=	0.37 kg/m <sup>2</sup>
– Densidad Natural	:	$\gamma_n$	=	1.91 x 10 <sup>-3</sup> kg/cm <sup>3</sup>
– Nivel freático	:	$D_w$	=	-
– Profundidad de la cimentación	:	$D_f$	=	1.6m
– Factor de carga	:	$N_c'$	=	7.0
		$N_q'$	=	2.0
		$N_\gamma'$	=	0.1

- Ancho de la cimentación : B = 1.5m
- Factor de seguridad : Fs = 3

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$q_u = 2.35 \text{ kg/m}^2$$

$q_{ad} = 0.78 \text{ kg/m}^2$
--------------------------------

### ZONA II:

- Angulo de fricción interna :  $\phi$  = 15.27°
- Cohesión : C = 0.38 kg/m<sup>2</sup>
- Densidad Natural :  $\gamma_n$  = 1.67 x 10<sup>-3</sup> kg/cm<sup>3</sup>
- Nivel freático : Dw = -
- Profundidad de la cimentación : Df = 1.6m
- Factor de carga : N'c = 11  
N'q = 3.95  
N'γ = 2.70
- Ancho de la cimentación : B = 1.5m
- Factor de seguridad : Fs = 3

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$q_u = 5.57 \text{ kg/m}^2$$

$q_{ad} = 1.86 \text{ kg/m}^2$
--------------------------------

### ZONA III:

- Angulo de fricción interna :  $\phi$  = 12.52°
- Cohesión : C = 0.43 kg/m<sup>2</sup>
- Densidad Natural :  $\gamma_n$  = 1.96 x 10<sup>-3</sup> kg/cm<sup>3</sup>
- Nivel freático : Dw = -
- Profundidad de la cimentación : Df = 1.6m

- Factor de carga :  $N'_c = 9.5$   
 $N'_q = 3.0$   
 $N'_\gamma = 1.89$
- Ancho de la cimentación :  $B = 1.5m$
- Factor de seguridad :  $Fs = 3$

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$Q_u = 5.303 \text{ kg/m}^2$$

$Q_{ad} = 1.77 \text{ kg/m}^2$
--------------------------------

#### **ZONA IV :**

- Angulo de fricción interna :  $\phi = 30.46^\circ$
- Cohesión :  $C = 0.06 \text{ kg/m}^2$
- Densidad Natural :  $\gamma_n = 1.95 \text{ kg/cm}^3$
- Nivel freático :  $D_w = -$
- Profundidad de la cimentación :  $D_f = 1.6m$
- Factor de carga :  $N'_c = 16.0$   
 $N'_q = 7.5$   
 $N'_\gamma = 5.00$
- Ancho de la cimentación :  $B = 1.5m$
- Factor de seguridad :  $Fs = 3$

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$Q_u = 2.45 \text{ kg/m}^2$$

$Q_{ad} = 0.82 \text{ kg/m}^2$
--------------------------------

#### 4.2.- CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO

Se calculará en Base a la teoría de la elasticidad conociendo el tipo de cimentación superficial recomendado, el asentamiento inicial elástico para:

$$S = \frac{\Delta q_s B(1 - u^2)^2 I_w}{E_s}$$

S = Asentamiento en cm.  
 $\Delta q_s$  = Esfuerzo neto transmitido (Tn./m<sup>2</sup>)  
B = Ancho de la cimentación (m)  
Es = Modulo de elasticidad (Tn./m<sup>2</sup>)  
u = Relación de Poisson  
Iw = Factor de influencia, en función de la forma y rigidez de la cimentación

##### ZONA I :

$$S = \frac{\Delta q_s B(1 - u^2)^2 I_w}{E_s}$$

Sp = Asentamiento probable  
 $\Delta q_s$  = 7.8 Tm./m<sup>2</sup>  
B = 1.5m  
Es = 1000 Tm./m<sup>2</sup>  
u = 0.35  
Iw = 0.90

Sp	=	0.81 cm
----	---	---------

OK < 2 cm

##### ZONA II :

$$S = \frac{\Delta q_s B(1 - u^2)^2 I_w}{E_s}$$

Sp = Asentamiento probable  
 $\Delta q_s$  = 18.6 Tm./m<sup>2</sup>  
B = 1.5m  
Es = 1000 Tm./m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 u &= 0.4 \\
 I_w &= 0.8 \\
 \boxed{Sp} &= \boxed{1.57 \text{ cm}} \quad \text{OK} < 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### ZONA III :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\Delta q_s B(1-u^2)^2 I_w}{E_s} \\
 Sp &= \text{Asentamiento probable} \\
 \Delta q_s &= 0.90 \text{ Tm./m}^2 \\
 B &= 1.5 \text{ m} \\
 E_s &= 1000 \text{ Tm./m}^2 \\
 u &= 0.35 \\
 I_w &= 0.80 \\
 \boxed{Sp} &= \boxed{1.63 \text{ cm}} \quad \text{OK} < 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### ZONA IV :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\Delta q_s B(1-u^2)^2 I_w}{E_s} \\
 Sp &= \text{Asentamiento probable} \\
 \Delta q_s &= 8.2 \text{ Tm./m}^2 \\
 B &= 1.5 \text{ m} \\
 E_s &= 200 \text{ Tm./m}^2 \\
 u &= 0.2 \\
 I_w &= 0.82 \\
 \boxed{Sp} &= \boxed{4.65 \text{ cm}} \quad \text{OK} > 2 \text{ cm} \\
 \\ 
 \boxed{q_{ad}} &= \boxed{0.35 \text{ kg/cm}^2}
 \end{aligned}$$

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1.- CONCLUSIONES**

- El perfil actual del relieve en el área de estudio esta influenciada por la cordillera escalera en la parte montañosa este y las cumbres de barrios altos del Oeste que limitan la cuenca del río Mayo en su tramo mas bajo.
- Los depósitos cuaternarios y terciarios están en relación con el origen de los suelos existentes.
- Los depósitos cuaternarios, están formados por depósitos aluviales, fluviales y fluvioaluviales.
- Según el mapa de zonificación sísmica del país, el departamento de San Martín, se encuentra en la zona II, con una sismicidad media.
- El relieve de la localidad de MORALES, presentan zonas altas. En el distrito de la Morales, su crecimiento o expansión urbana presenta zonas altas y suelos expuestos a fuerte erosión y las zonas bajas con fuertes depresiones, las que generaran inundaciones en los periodos de intensas lluvias.
- De acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), se ha determinado en las diferentes zonas, los siguientes tipos de suelos: CL, SC, SM y OL.
- Los suelos predominantes en la zona de estudio se comportan como suelos medianamente permeables y que en épocas de grandes precipitaciones pluviales se producen infiltraciones, que relacionado a eventos sísmicos de gran magnitud se pueden presentar procesos de licuefacción de arenas y como consecuencia se produzcan asentamientos diferenciales.
- Los principales fenómenos que predominan en el área de estudio son las inundaciones en las zonas de depresión y en general de topografía plana, generando desastres.

En general los suelos encontrados son poco densos, de baja resistencia y contenido de finos variables.

## **5.2.- RECOMENDACIONES**

- Se recomienda considerar el efecto sísmico en el diseño de las estructuras para todas las zonas sin excepción.
- Las cimentaciones a considerar serán zapatas rectangulares superficiales desplantadas a 1.60 m de profundidad mínima, conectadas con vigas y/o plateas de cimentación en las zonas de suelos de características arcillosas, consideradas como zonas de peligro medio y peligro alto.
- Los elementos de la cimentación deberán ser diseñados de modo que la presión de contacto o carga estructural del edificio entre el área de cimentación sea inferior o cuando menos igual a la presión de diseño o capacidad admisible.
- Previamente a las labores de excavación de las zanjas para los cimientos de los edificios, deberán eliminarse todos los materiales de relleno, en los lugares que existe.
- Considerar que en el área de estudio se presentan precipitaciones pluviales de gran intensidad, y existiendo zonas inundables es necesario diseñar sistemas de drenaje adecuados, para evacuar las aguas pluviales tomando como base los resultados del estudio hidrológico.
- La población y las autoridades locales y regionales deberán tomar medidas para prevenir y mitigar los desastres causados por fenómenos naturales, en todas las zonas tomando preferentemente, aquellas consideradas de peligro medio y peligro alto.

## **CAPÍTULO VI:      REFERENCIA BIBLIOGRAFICA**

### **6.1.- BIBLIOGRAFIA**

1. ALVA HURTADO J.E., MENESES J.F Y GUZMAN V. (1984). “Distribución de Máximas Intensidades Sísmica Observadas en el Perú”. V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna Perú.
2. MONGE F. (1990), “Efectos Geológicos del Sismo del 29 de Mayo de 1990 en el Departamento de San Martín, Perú”, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.
3. SILGADO E. (1978), “Histograma de los Sismos más Nobles Ocurridos en el Perú (1513-1974)” Instituto de Geología y Minería, Boletín N°3, Serie C, Lima, Perú.
4. CASTILLO ALVA, J.(1993), Estudio de Peligro Sísmico en el Perú.
5. KUROIWA, J. (1990), Prevención de desastres. Editorial Bruño. Lima – Perú.
6. J.E. ALVA HURTADO, PHD, Licuación de suelos en el Perú.



**ANEXOS**

# ANEXO N° 01



# **CALICATA**

**Nº 01**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calicata:

Kilometraje:

Profundidad de la Muestra: 0,30- 3,00 m

C-01 Fecha:

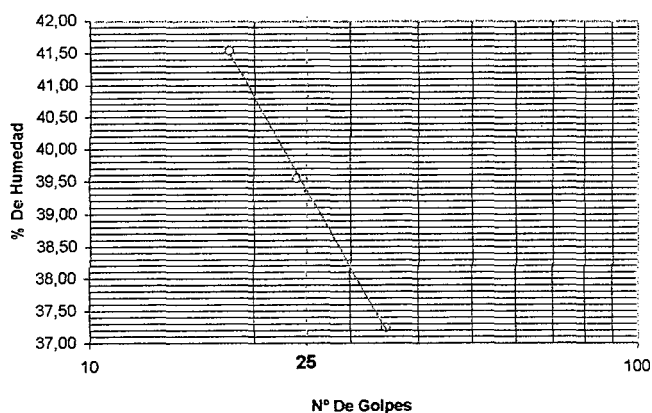
12/06/2009

**Determinación del Límite Líquido**

ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	28,25	31,45	35,78
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	56,97	55,97	57,74
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	48,54	49,02	51,78
PESO DEL AGUA grs	8,43	6,95	5,96
PESO DEL SUELO SECO grs	20,29	17,57	16,00
% DE HUMEDAD	41,55	39,56	37,25
NUMERO DE GOLPES	18	24	35

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Indice de Flujo Fi	0,08
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	39,36
Límite Plástico (%)	20,27
Indice de Plasticidad Ip (%)	19,09
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(11)
Indice de consistencia Ic	0,92

**Determinación del Límite Plástico**

ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	33,89	37,92	33,27
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	64,52	67,56	64,65
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	59,36	62,57	59,35
PESO DEL AGUA grs	5,16	4,99	5,30
PESO DEL SUELO SECO grs	25,47	24,65	26,08
% DE HUMEDAD	20,26	20,24	20,32
% PROMEDIO	20,27		

**LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	NR
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Kilometraje: -

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso inorgánico

Profundidad de la Muestra: -

0,30- 3,00 m

Calicata: -

C-01

Hecho Por: Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

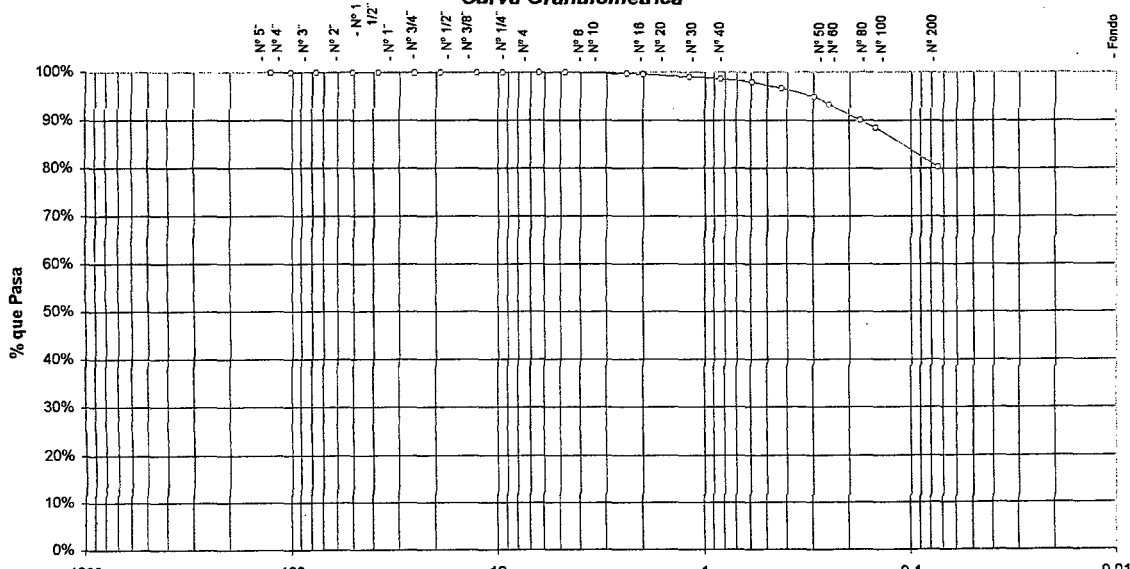
Fecha: -

12/06/2009

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
5"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas finas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo: Limos y arcillas con LL 3/4 50% CL A-6(11)
1"	25,40					Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color rojizo con clasificación 7/9
3/4"	19,050					SUCS = CL AASHTO = A-6(11)
1/2"	12,700					LL = 39,36 WT = 54,00
3/8"	9,525					LP = 20,27 WT+SAL = 607,00
1/4"	6,350					IP = 19,09 WSAL = 553,00
N° 4	4,760			100,00%		IG = 11 WT+SDL = 163,16
N° 8	2,380	1,12	0,20%	99,80%		WSDL = 109,16
N° 10	2,000	1,23	0,22%	99,58%		%ARC. = 80,26
N° 16	1,180	2,65	0,48%	99,10%		%ERR. = 0,00
N° 20	0,840	2,78	0,50%	98,59%		Cc =
N° 30	0,590	3,41	0,62%	97,98%		Cu =
N° 40	0,426	7,31	1,32%	96,65%		DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
N° 50	0,287	9,65	1,75%	94,91%		El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura arcilla delgada con arena, de plasticidad media
N° 60	0,250	8,79	1,59%	93,32%		80,26% de finos, color rojizo, con una resistencia al corte regular a deficiente de compresibilidad
N° 80	0,177	17,68	3,20%	90,12%		y expansión elevada en condiciones saturadas, arena en 19,74% del total de la muestra.
N° 100	0,149	8,45	1,53%	88,59%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada
N° 200	0,074	46,09	8,33%	19,74%		Número de Tarro = 78
Fondo	0,01	443,84	80,26%	0,00%		Peso del Tarro = 54
TOTAL	553,00					Peso del Tarro + Mh = 728
						Peso del Tarro + Ms = 607
						Peso suelo húmedo = 121
						Peso suelo seco = 674
						Peso suelo seco = 553
						% Humedad Muestra = 21,88

## Curva Granulométrica



Diámetro en mm	127.00	101.60	76.20	50.80	38.10	25.40	19.05	12.70	9.52	6.35	4.75	3.35	2.50	1.75	1.18	0.85	0.60	0.425	0.25	0.175	0.15	0.075	0.05	0.025	0.015	0.0075
Piedras mayores 3"																										
Clasificación - ASTM																										
Clasificación - AASHTO																										
GRAVA																										
GRAVA GRUESA																										
GRAVA MEDIA																										
GRAVA FINA																										
ARENA																										
ARENA GRUESA																										
ARENA FINA																										
LIMO																										
ARCILLA																										



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MÓVIL 429629312

MORALES - PERÚ

### REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					Elabora :	Bach. C.A.R.S.			
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES					Reviso :	Ing. HSM			
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN					Técnico :	Ronamo			
Calicata N°	1	Nivel Aguas Freáticas N.P. (m)	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As.	345,00 (msnm)	Fecha :	12/06/2009		
Cota As. (m)	Estrato	Descripcion del Estrato de suelo			CLASIFICACION			ESPESOR	HUMEDAD	Foto
					AASHTO	SUCS	SIMBOLO	(m)	(%)	
345,00	I	Mezcla de suelos arenosos con mezcla de arcilla con gravas desde 1/2" a 2 1/2", suelo contaminado			A-8	Gc-Pt		0,30	6,78	
344,70	II	Suelo arcilloso inorgánico en estado natural de consistencia semi dura, arcilla delgada con arena, plasticidad media con 80.26%, de finos , LL = 39.36, con matriz de arcilla color rojizo, con una resistencia al corte de regular a deficiente, compresibilidad y expansión mediana a elevada en condición saturada.  No se encontro nivel freático hasta la profundidad explorada			A-6(11)	CL		2,70	21,88	
342,00										

OBSERVACIONES: Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M. (registro sin escala)



**CALICATA**

**Nº 02**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Kilometraje: -

Profundidad de la Muestra: 0,30- 3,00 m

C-02

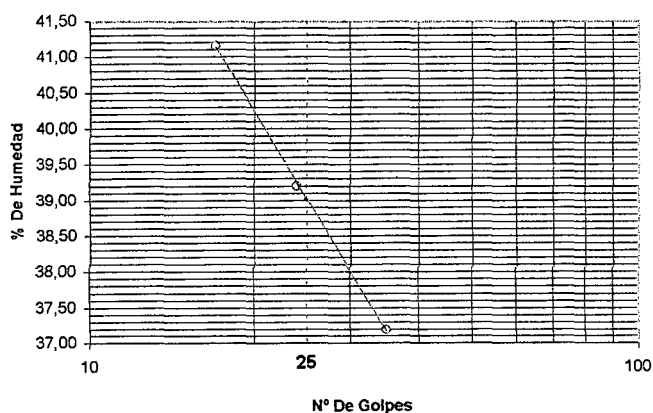
Fecha: 12/06/2009

**Determinación del Límite Líquido**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	58,78	55,67	56,56
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	90,09	92,34	91,45
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	80,96	82,01	81,99
PESO DEL AGUA grs	9,13	10,33	9,46
PESO DEL SUELO SECO grs	22,18	26,34	25,43
% DE HUMEDAD	41,16	39,22	37,20
NUMERO DE GOLPES	17	24	35

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Indice de Flujo Fi	-0,09
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	39,02
Límite Plástico (%)	20,20
Indice de Plasticidad Ip (%)	18,82
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(13)
Indice de consistencia Ic	1,09

**Determinación del Límite Plástico**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	55,67	56,34	56,92
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	87,89	88,45	90,05
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	82,48	83,05	84,48
PESO DEL AGUA grs	5,41	5,40	5,57
PESO DEL SUELO SECO grs	26,81	26,71	27,56
% DE HUMEDAD	20,18	20,22	20,21
% PROMEDIO	20,20		

**LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	NR
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Kilometraje:

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso inorgánico

Profundidad de la Muestra:

0,30- 3,00 m

Calicata:

C-02

Hecho Por:

Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Fecha:

12/06/2009

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
5"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas finas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo: Limos y arcillas con LL 3/4 50% CL A-6(14)
1"	25,40					Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color rojizo con clasificación 7/9
3/4"	18,050					SUCS =
1/2"	12,700					CL
3/8"	9,525					AASHTO =
1/4"	6,350					A-6(13)
Nº 4	4,760			100,00%		LL = 39,02
Nº 8	2,380	1,10	0,20%	99,80%		LP = 20,20
Nº 10	2,000	1,33	0,24%	99,56%		IP = 18,82
Nº 16	1,190	2,70	0,49%	99,08%		IG = 13
Nº 20	0,840	2,67	0,48%	98,60%		D 90=
Nº 30	0,590	3,21	0,58%	98,02%		D 60=
Nº 40	0,426	8,09	1,46%	96,56%		D 30=
Nº 50	0,297	10,90	1,96%	94,60%		D 10=
Nº 60	0,250	7,89	1,42%	93,19%		
Nº 80	0,177	18,90	3,40%	89,79%		
Nº 100	0,149	6,78	1,22%	88,57%		
Nº 200	0,074	44,34	7,97%	80,59%		
Fondo	0,01	448,09	80,59%	100,00%		
TOTAL		556,00			A B	

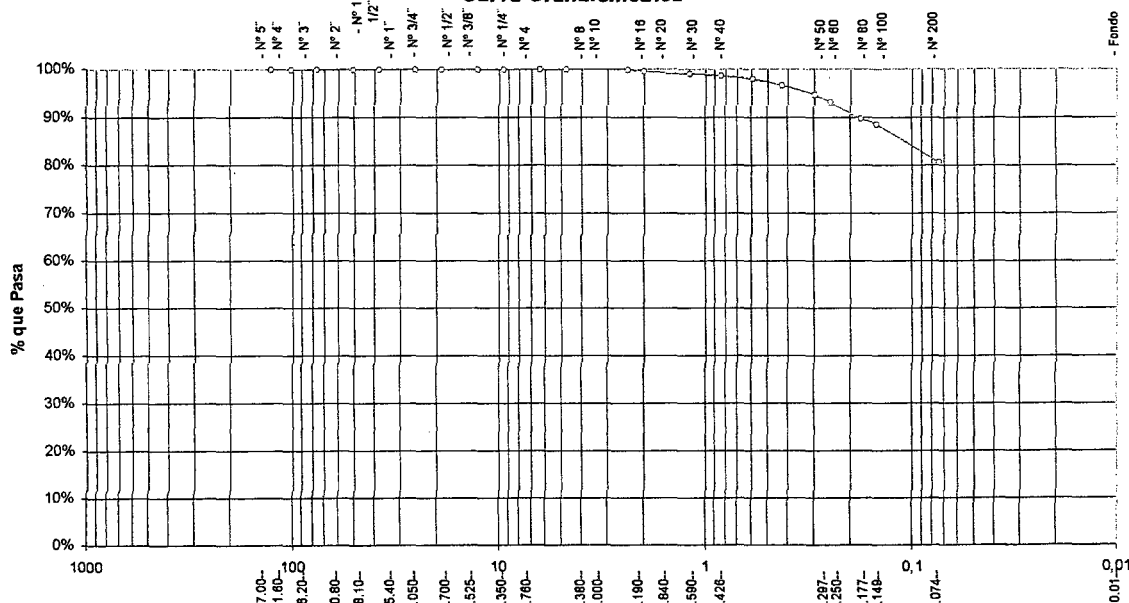
DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO

El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura arcilla delgada con arena, de plasticidad media con 80,59% de finos, color rojizo, con una resistencia al corte regular a deficiente de compresibilidad y expansión elevada en condiciones saturadas, arena en 19,41% del total de la muestra.

% de Humedad Natural de la muestra ensayada

Número de tarro =	34	Peso del agua =	103
Peso del tarro =	56	Peso suelo húmedo =	659
Peso del tarro + Mh =	715	Peso suelo seco =	556
Peso del tarro + Ms =	612	% Humedad Muestra =	18,53

### Curva Granulométrica



	GRAVA	ARENA	FINA	ARENA	FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN


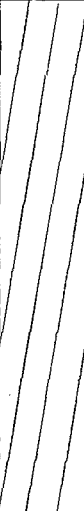

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MÓVIL 429629312

MORALES - PERÚ

## REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL				Elaboro :	Bach. C.A.R.S.				
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES				Reviso :	Ing. HSM				
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN				Técnico :	Ronamo				
Calicata N°	2	Nivel Aguas Freáticas N.P. (m)	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As.	345,00 (msnm)				
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo			CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	Foto
345,00	I	Mezcla de suelos arenosos con mezcla de arcilla con gravas desde 1/2" a 2 1/2", suelo contaminado			AASHTO	SUCS	SIMBOLO	0,30	6,78	
344,70										
	II	Suelo arcilloso inorgánico en estado natural de consistencia semi dura, arcilla delgada con arena, plasticidad media con 80.59%, de finos, LL = 39.02, con matriz de arcilla color marrón, con una resistencia al corte de regular a deficiente, compresibilidad y expansión mediana a elevada en condición saturada.  No se encontro nivel freático hasta la profundidad explorada			A-6(13)	CL		2,70	18,53	
342,00										

**OBSERVACIONES** Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M. (registro sin escala)



# **CALICATA**

**Nº 03**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calicata:

Kilometraje:

Profundidad de la Muestra: 0,30- 3,00 m

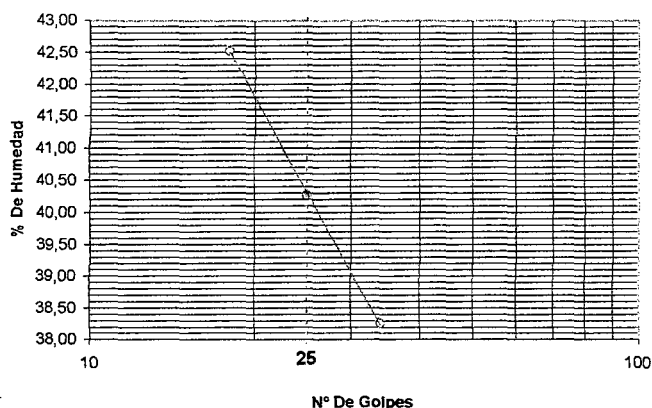
C-03 Fecha: 12/06/2009

**Determinación del Límite Líquido**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	58,56	58,62	58,49
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	100,05	99,89	98,74
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	87,67	88,04	87,60
PESO DEL AGUA grs	12,38	11,85	11,14
PESO DEL SUELO SECO grs	29,11	29,42	29,11
% DE HUMEDAD	42,53	40,28	38,27
NUMERO DE GOLPES	18	25	34

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Indice de Flujo Fi	0,23
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	40,28
Límite Plástico (%)	20,17
Indice de Plasticidad Ip (%)	20,11
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(14)
Indice de consistencia Ic	0,77

**Determinación del Límite Plástico**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	58,87	58,76	58,67
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	99,09	98,76	99,45
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	92,34	92,05	92,60
PESO DEL AGUA grs	6,75	6,71	6,85
PESO DEL SUELO SECO grs	33,47	33,29	33,93
% DE HUMEDAD	20,17	20,16	20,19
% PROMEDIO	20,17		

**LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

NR



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Kilometraje:

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso inorgánico

Profundidad de la Muestra:

0,30- 3,00 m

Calicata:

C-03

Hecho Por: Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

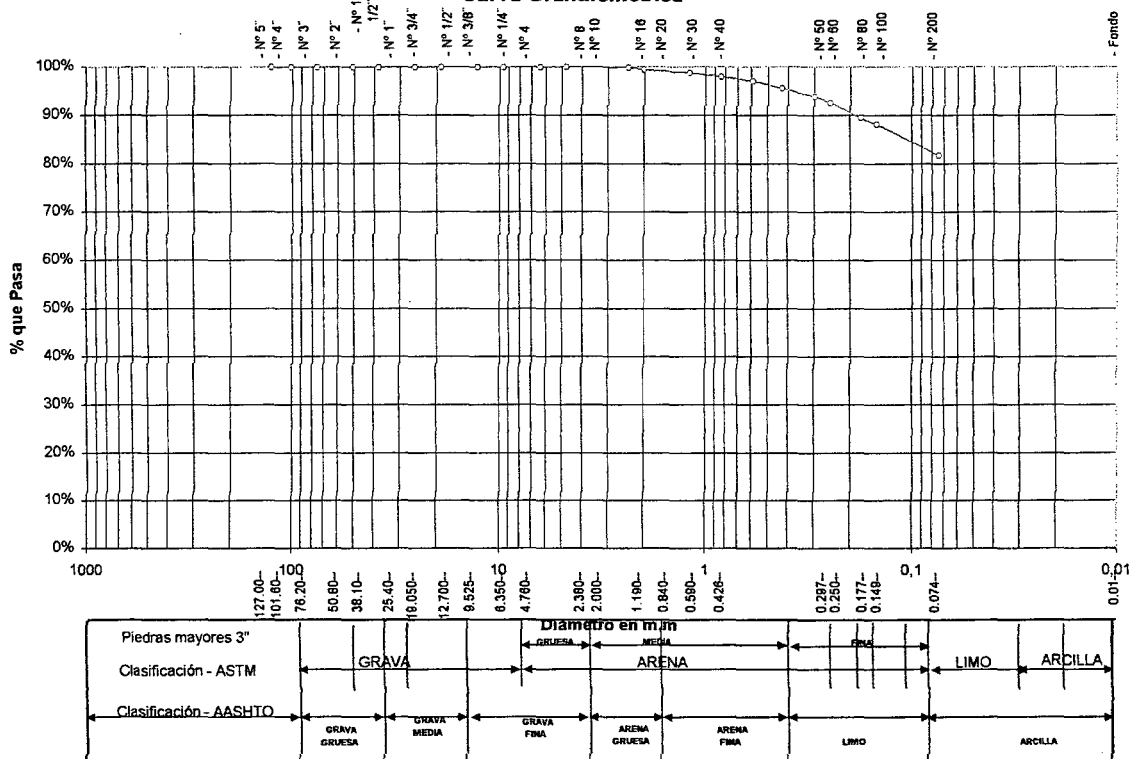
Fecha:

12/06/2009

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
5"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas finas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo: Límos y arcillas con LL 3/4 50% CL A-6(14)
1"	25,40					Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color rojizo con clasificación 7/9
3/4"	19,050					SUCS = CL AASHTO = A-6(14)
1/2"	12,700					LL = 40,28 WT = 55,00
3/8"	9,525					LP = 20,17 WT+SAL = 611,00
1/4"	6,350					IP = 20,11 WSAL = 556,00
Nº 4	4,760			100,00%		IG = 14 WT+SDL = 156,81
Nº 8	2,380	1,11	0,20%	99,80%		WSDL = 101,81
Nº 10	2,000	1,89	0,34%	99,46%		%ARC. = 81,69
Nº 16	1,190	3,45	0,62%	98,84%		%ERR. = 0,00
Nº 20	0,840	4,56	0,82%	98,02%		Cc =
Nº 30	0,590	5,67	1,02%	97,00%		Cu =
Nº 40	0,426	8,09	1,46%	95,54%		DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
Nº 50	0,297	9,45	1,70%	93,85%		El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura arcilla delgada con arena, de plasticidad media
Nº 60	0,250	7,34	1,32%	92,53%		81,69% de finos, color rojizo, con una resistencia al corte regular a deficiente de compresibilidad
Nº 80	0,177	17,13	3,08%	89,44%		y expansión elevada en condiciones saturadas, arena en 18,31% del total de la muestra.
Nº 100	0,149	7,45	1,34%	88,10%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada
Nº 200	0,074	35,67	6,42%	18,31%		Número de tarro = 45 Peso del agua = 138
Fondo	0,01	454,19	81,69%	0,00%		Peso del tarro = 55 Peso suelo húmedo = 694
TOTAL	556,00				A B	Peso del tarro + Mh = 749 Peso suelo seco = 556
						Peso del tarro + lms = 611 % Humedad Muestra = 24,82

### Curva Granulométrica





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MÓVIL 429629312

MORALES - PERÚ

### REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					Elaboro :	Bach. C.A.R.S.			
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES					Reviso :	Ing. HSM			
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN					Técnico :	Ronamo			
Calicata N°	3	Nivel Aguas Freáticas N.P. (m)	Prof. Exc.	3,00	(m)	Cota As.	345,00	(msnm)	Fecha :	12/06/2009
Cota As. (m)	Estrato	Descripcion del Estrato de suelo			CLASIFICACION			ESPESOR	HUMEDAD	Foto
					AASHTO	SUCS	SIMBOLO	(m)	(%)	
345,00	I	Mezcla de suelos arenosos con mezcla de arcilla con gravas desde 1/2" a 2 1/2", suelo contaminado			A-8	Gc-Pl		0,30	7,89	
344,70										
	II	Suelo arcilloso inorgánico en estado natural de consistencia semi dura, arcilla delgada con arena, plasticidad media con 81.69%, de finos , LL = 40.28, con matriz de arcilla color rojizo, con una resistencia al corte de regular a deficiente, compresibilidad y expansión mediana a elevada en condición saturada. No se encontro nivel freático hasta la profundidad explorada  a partir de los 1,00 metros se puede apreciar en un 40% del total de la muestra gravas inconsolidadas que mejoran el terreno de fundación			A-6(14)	CL		2,70	24,82	
342,00										

OBSERVACIONES: Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M., (registro sin escala)



# **CALICATA**

**Nº 04**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Hecho Por: Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calicata:

Calle:

Profundidad de la Muestra:

0,30- 3,00 m

C-04

Fecha:

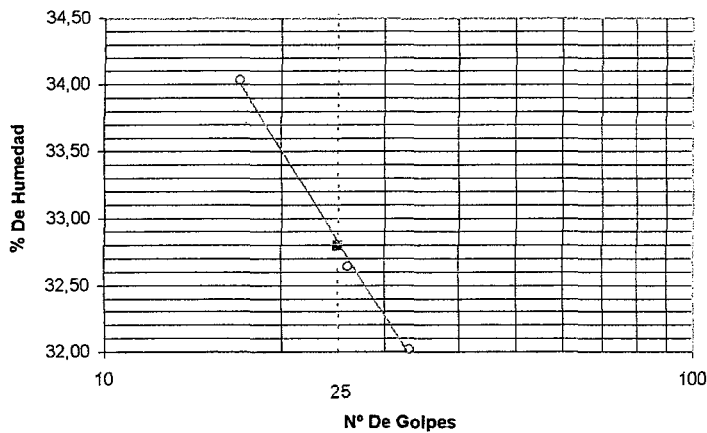
12/06/2009

**Determinación del Límite Líquido**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	14,45	14,38	14,22
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	46,78	47,03	46,50
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	38,57	38,99	38,67
PESO DEL AGUA grs	8,21	8,04	7,83
PESO DEL SUELO SECO grs	24,12	24,61	24,45
% DE HUMEDAD	34,04	32,65	32,02
NUMERO DE GOLPES	17	26	33

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Indice de Flujo Fi	54,82
Límite de contracción (%)	NR
Límite Líquido (%)	32,80
Límite Plástico (%)	20,05
Indice de Plasticidad Ip (%)	12,75
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(5)
Indice de consistencia Ic	0,45

**Determinación del Límite Plástico**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	14,34	14,53	14,38
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	45,67	45,09	44,45
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	40,44	39,98	39,43
PESO DEL AGUA grs	5,23	5,11	5,02
PESO DEL SUELO SECO grs	26,10	25,45	25,05
% DE HUMEDAD	20,04	20,08	20,04
% PROMEDIO	20,05		

**LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	N.R.
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429623312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Calle :

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Profundidad de la Muestra:

0,30- 3,00 m

Calicata:

C-04

Hecho Por :

Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

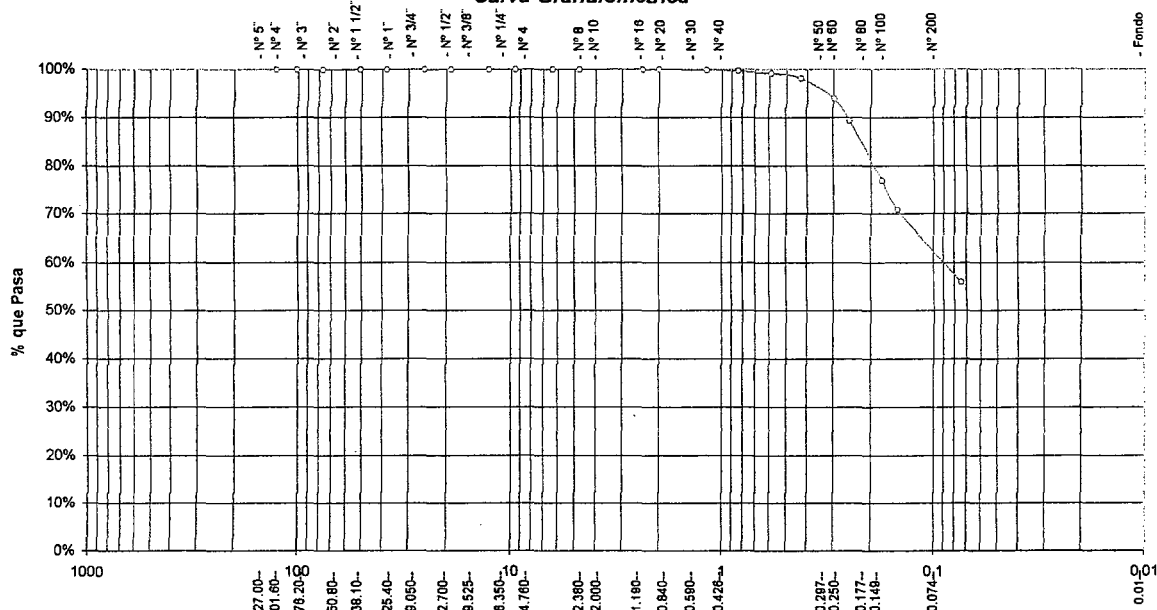
Fecha:

12/06/2009

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
5"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas finas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo : Limos y arcillas con LL 34 50% CL A-6(5)
1"	25,40					Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color anaranjado con clasificación 7/5
3/4"	18,050					SUCS =
1/2"	12,700					CL
3/8"	9,525					AASHTO =
1/4"	6,350					A-6(5)
N° 4	4,760			100,00%		LL = 32,80 WT = 3,00
N° 8	2,380	0,06	0,03%	99,97%		LP = 20,05 WT+SAL = 236,00
N° 10	2,000	0,01	0,00%	99,97%		IP = 12,75 WWSAL = 233,00
N° 16	1,190	0,26	0,11%	99,86%		IG = 5 WT+SDL = 105,45
N° 20	0,840	0,38	0,16%	99,70%		D 90= %ARC. = 102,45
N° 30	0,590	1,13	0,48%	99,21%		D 60= %ERR. = 56,03
N° 40	0,426	2,37	1,02%	98,19%		D 30= Cc = 0,00
N° 50	0,287	9,71	4,17%	94,03%		D 10= Cu =
N° 60	0,250	10,97	4,71%	89,32%		DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
N° 80	0,177	29,06	12,47%	76,85%		Suelo arcilloso inorganico de plasticidad media, color anaranjado, de consistencia semi dura
N° 100	0,149	14,16	6,08%	70,77%		resistencia en seco media, con dilatancia muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 56,03%
N° 200	0,074	34,34	14,74%	43,97%		con LL = 32,80%, con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 43,97%
Fondo	0,01	130,55	56,03%	100,00%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada
TOTAL	233,00				A B	Número de larro = 240
						Peso del agua = 38
						Peso del larro = 3
						Peso suelo húmedo = 272
						Peso del larro + Mh = 275
						Peso suelo seco = 233
						Peso del larro + Ms = 236
						% Humedad Muestra = 16,74

Curva Granulométrica



Piedras mayores 3"	GRAVA	ARENA	FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM					
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
Teléfono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MÓVIL 429629312  
MORALES - PERÚ

## REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					Elaboro :	Bach. C.A.R.S.		
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES					Reviso :	Ing. HSM		
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN					Técnico :	Ronamo		
Calicata N°	4	Nivel Aguas Freáticas N.P. (m)	Prof. Exc.	3,00	(m)	Cota As.	345,00 (msnm)	ESPESOR	HUMEDAD
Cota As. (m)	Estrato	Descripcion del Estrato de suelo			CLASIFICACION			(m)	(%)
					AASHTO	SUCS	SIMBOLO		Foto
345,00	I	Mezcla de suelos arenosos con mezcla de arcilla con gravas desde 1/2" a 2 1/2", suelo contaminado			A-8	Gc-Pt		0,30	8,78
344,70									
	II	Suelo arcilloso inorganico de plasticidad media, color naranja de consistencia semi dura resistencia en seco media, con dilatancia muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 56.03%, con LL=32.80% con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 43,97%			A-6(5)	CL		2,70	16,74
342,00									

OBSERVACIONES: Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M. (registro sin escala)



# **CALICATA**

## **Nº 05**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162

MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Hecho Por: Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calicata:

Calle:

Profundidad de la Muestra:

0,30- 3,00 m

C-05

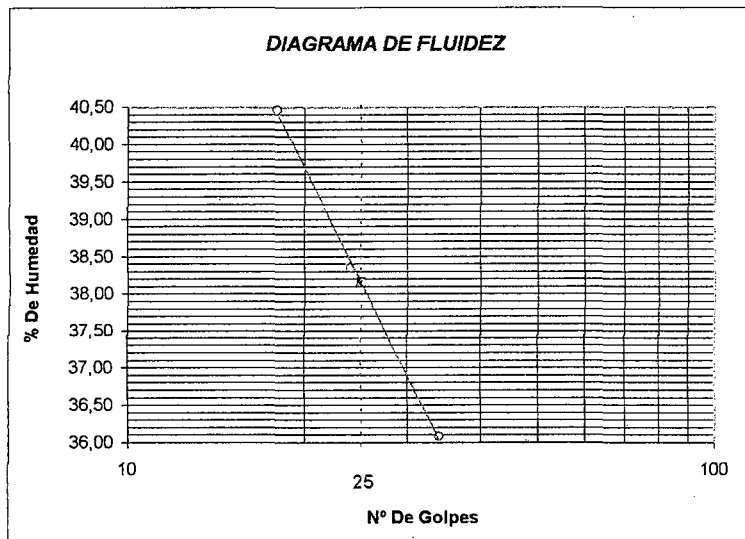
Fecha:

13/06/2009

## Determinación del Límite Líquido

ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	14,56	38,56	34,78
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	50,87	74,56	78,98
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	40,41	64,58	67,26
PESO DEL AGUA grs	10,46	9,98	11,72
PESO DEL SUELO SECO grs	25,85	26,02	32,48
% DE HUMEDAD	40,46	38,36	36,08
NUMERO DE GOLPES	18	24	34



Indice de Flujo Fi	60,54
Límite de contracción (%)	NR
Límite Líquido (%)	38,17
Límite Plástico (%)	23,07
Indice de Plasticidad Ip (%)	15,10
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(8)
Indice de consistencia Ic	0,39

## Determinación del Límite Plástico

ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	54,65	54,67	54,33
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	90,89	89,87	86,06
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	84,10	83,27	80,11
PESO DEL AGUA grs	6,79	6,60	5,95
PESO DEL SUELO SECO grs	29,45	28,60	25,78
% DE HUMEDAD	23,06	23,08	23,08
% PROMEDIO	23,07		

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	N.R.
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162

MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Calle :

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso inorgánico

Profundidad de la Muestra:

0,30- 3,00 m

Calicata:

C-05

Hecho Por :

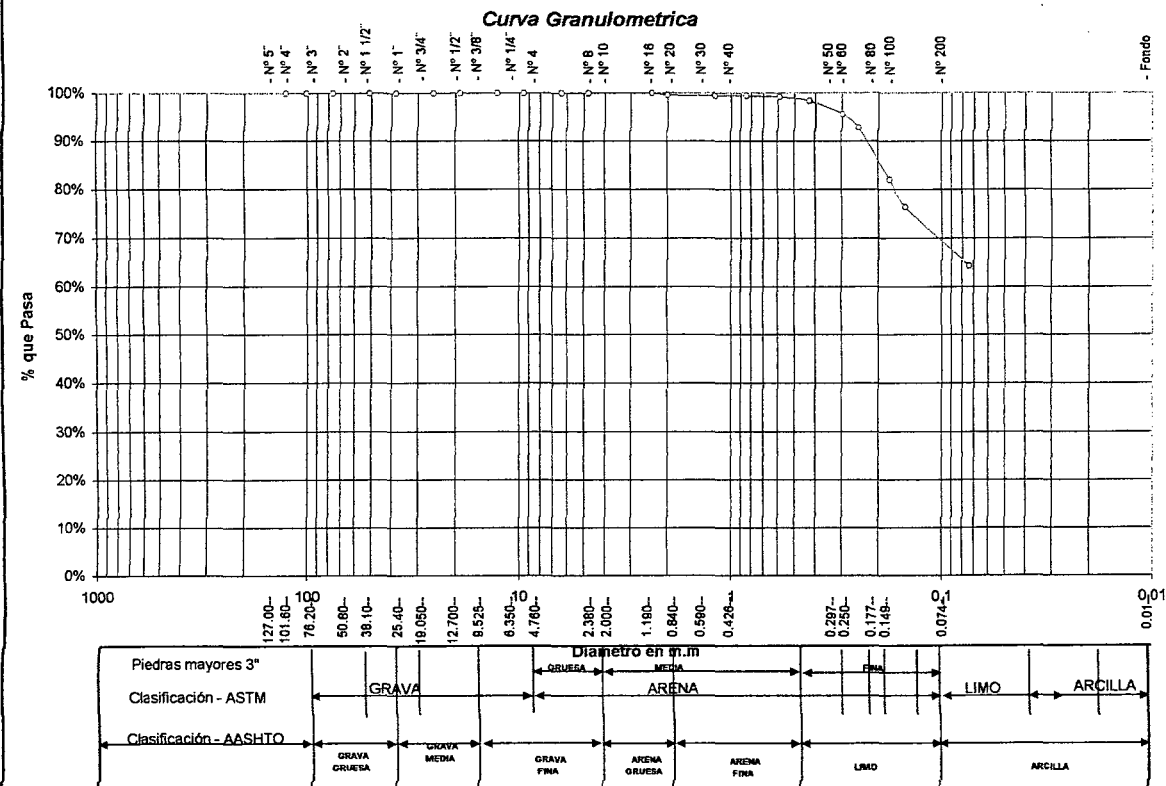
Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Fecha:

13/06/2009

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
5"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos particulares finos
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo : Limos y arcillas con LL 34/ 50% CL A-6(8)
1"	25,40					Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color rojizo con clasificación 7/9
3/4"	19,050					SUCS =
1/2"	12,700					CL
3/8"	9,525					AASHTO =
1/4"	6,350					WT
Nº 4	4,760			100,00%		WT+SAL
Nº 8	2,380	0,12	0,06%	99,94%		WSAL
Nº 10	2,000	0,76	0,37%	99,58%		WT+SDL
Nº 16	1,190	0,12	0,06%	99,52%		WSDL
Nº 20	0,840	0,24	0,12%	99,40%		%ARC.
Nº 30	0,590	0,49	0,24%	99,17%		%ERR.
Nº 40	0,426	1,48	0,71%	98,46%		Cc
Nº 50	0,297	5,85	2,81%	95,64%		Cu
Nº 60	0,250	6,00	2,88%	92,76%		
Nº 80	0,177	22,33	10,74%	82,02%		
Nº 100	0,149	11,56	5,56%	76,47%		
Nº 200	0,074	25,50	12,26%	64,21%		
Fondo	0,01	133,55	64,21%	100,00%		
TOTAL	208,00				A B	







# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
Teléfono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MÓVIL 429629312  
MORALES - PERÚ

## REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL				Elaboro :	Bach. C.A.R.S.		
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES				Reviso :	Ing. HSM		
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN				Técnico :	Ronamo		
Calicata N°	5	Nivel Aguas Freáticas N.P. (m)	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As.	345,00 (msnm)	ESPESOR	HUMEDAD
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo			CLASIFICACION			Foto
					AASHTO	SUCS	SÍMBOLO	
345,00	I	Mezcla de suelos arenosos con mezcla de arcilla con gravas desde 1/2" a 2 1/2", suelo contaminado			A-8	Gc-Pt		0,30 8,79
344,70								
	II	Suelo arcilloso inorganico de plasticidad media, color rojizo de consistencia semi dura, resistente en seco media, con dilatancia muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 64.21%, con LL=38.17%, con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 35.79%			A-6(8)	CL		1,20 25,00
		El suelo es la matriz de un conglomerado de gravas y arcillas con presencia de gravas areniscas desde 1/2" hasta 7"						
343,50								

OBSERVACIONES: Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M. (registro sin escala)



**CALICATA**

**Nº 06**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Zona : -

Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso

Profundidad de la Muestra: 0,30- 3,00 m

Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calicata: -

C-06

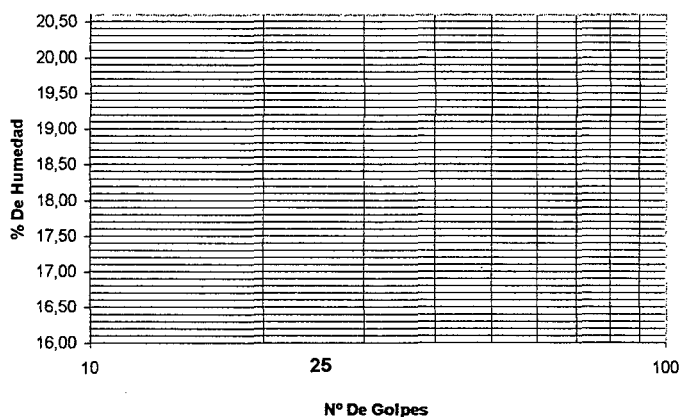
Fecha: 13/06/2009

**Determinación del Límite Líquido**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NT</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Índice de Flujo Fi	NT
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	NT
Límite Plástico (%)	NP
Índice de Plasticidad Ip (%)	NP
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Índice de consistencia Ic	NP

**Determinación del Límite Plástico**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		<b>NP</b>	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

**LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	<b>ND</b>
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 428629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra:

Hecho Por: Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Zona:

0,30- 3,00 m

Calicata:

C-06

Fecha:

13/06/2009

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
5"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas gruesas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo: Arenas
1"	25,40					Arena limosa con matriz de arena color marrón con clasificación 4/1
3/4"	19,050					SM A-2-4(0)
1/2"	12,700					SUCS =
3/8"	9,525					NT
1/4"	6,350					NP
N° 4	4,760			100,00%		0
N° 8	2,380	1,85	0,62%	99,38%		WT
N° 10	2,000	1,90	0,63%	98,75%		WT+SAL
N° 16	1,190	11,67	3,89%	94,86%		WSAL
N° 20	0,840	25,45	8,48%	86,38%		WT+SDL
N° 30	0,590	35,09	11,70%	74,68%		WSDL
N° 40	0,426	51,12	17,04%	57,64%		%ARC
N° 50	0,297	52,65	17,55%	40,09%		%ERR
N° 60	0,250	20,56	6,85%	33,24%		Cc
N° 80	0,177	20,22	6,74%	26,50%		Cu
N° 100	0,149	7,89	2,63%	23,87%		
N° 200	0,074	28,98	9,66%	14,21%		
Fondo	0,01	42,62	14,21%	0,00%		
TOTAL	300,00				A B	

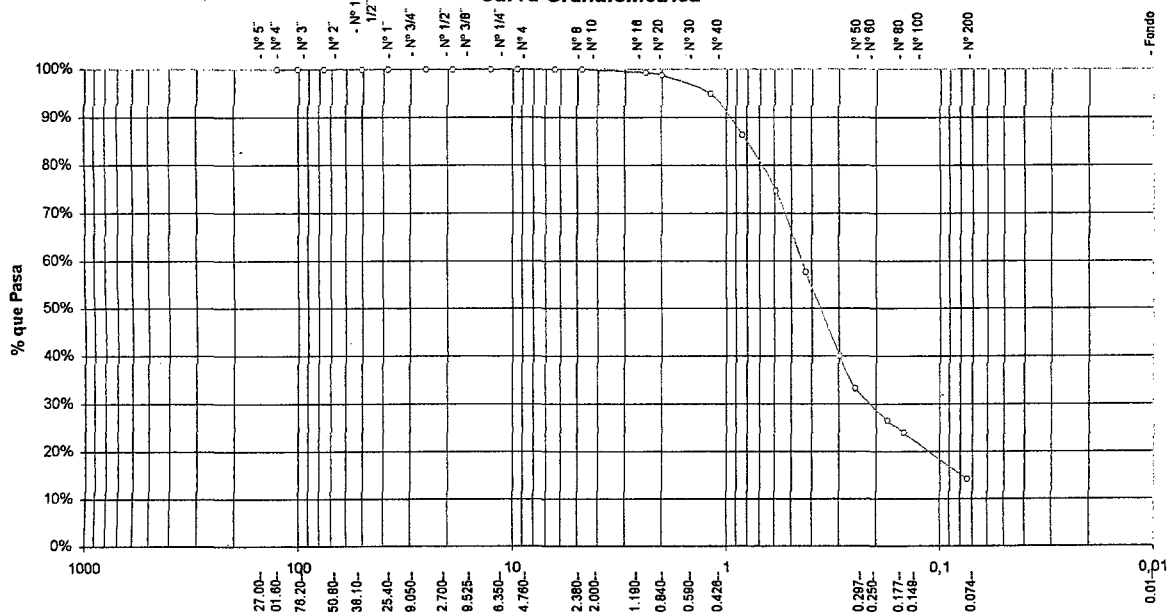
DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO

El suelo es una arena limosa, mezcla de arena, limo con 14,21 % de finos, color marrón con una resistencia al corte regular, de compactación baja, finos sin plasticidad, con un % de arena de 85,79%.

% de Humedad Natural de la muestra ensayada

Número de tarro	45	Peso del agua	67
Peso del tarro	54	Peso suelo húmedo	560
Peso del tarro + Mh	614	Peso suelo seco	493
Peso del tarro + Ms	547	% Humedad Muestra	13,59

Curva Granulométrica







Diametro en m.m	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA GRUESA	ARENA GRUESA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	ARENA GRUESA	LIMO	ARCILLA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
 Telefono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312  
 MORALES - PERU

## REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						Elaboro :	Bach. C.A.R.S.			
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES						Reviso :	Ing. HSM			
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN						Técnico :	Ronamo			
Calicata N°	6	Nivel Aguas Freáticas N.P. (m)	Prof. Exc.	3,00	(m)	Cota As	333,00 (msnm)	Fecha :	13/06/2009		
Cota As. (m)	Estrato	Descripcion del Estrato de suelo				CLASIFICACION			ESPESOR	HUMEDAD	Foto
						AASHTO	SUCS	SIMBOLO	(m)	(%)	
333,00	I	Suelo arcilloso inorgánico con mezcla de arcilla negra con presencia de raíces, material con olor característico				A-8	SM-Pt		0,30	12,34	
332,70											
	II	Suelo arenoso limoso, mezcla de arena y limo mal graduado de grano medio a fino, no plástico, con 14.21% de finos sin plasticidad ,de color blanquecino con trazas de arena color marrón con una resistencia al corte de regular a buena, de compacidad suelta				A-2-4(0)	SM		2,70	13,59	
330,00											

**OBSERVACIONES** *Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas ASTM, (registro sin escala)*



**CALICATA**

**Nº 07**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calicata:

Calle :

Profundidad de la Muestra: 0,30- 3,00 m

C-07

Fecha:

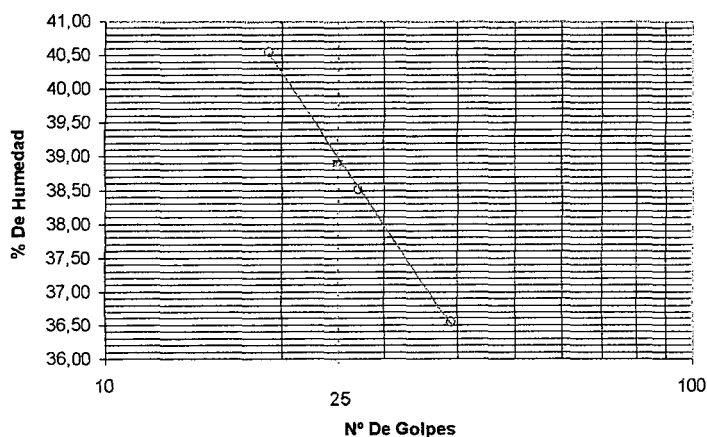
14/06/2009

**Determinación del Límite Líquido**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	56,78	56,45	56,67
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	90,78	91,22	91,56
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	80,97	81,55	82,22
PESO DEL AGUA grs	9,81	9,67	9,34
PESO DEL SUELO SECO grs	24,19	25,10	25,55
% DE HUMEDAD	40,55	38,53	36,56
NUMERO DE GOLPES	19	27	39

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Indice de Flujo Fi	58,71
Límite de contracción (%)	NR
Límite Líquido (%)	38,89
Límite Plástico (%)	23,58
Indice de Plasticidad Ip (%)	15,31
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(9)
Indice de consistencia Ic	0,41

**Determinación del Límite Plástico**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	54,65	14,34	38,67
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	90,56	46,05	70,09
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	83,61	40,04	64,14
PESO DEL AGUA grs	6,95	6,01	5,95
PESO DEL SUELO SECO grs	28,96	25,70	25,47
% DE HUMEDAD	24,00	23,39	23,36
% PROMEDIO	23,58		

**LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	N.R.
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 428629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso inorgánico Profundidad de la Muestra:

Hecho Por: Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calle:

0,30- 3,00 m

Calicata:

C-07

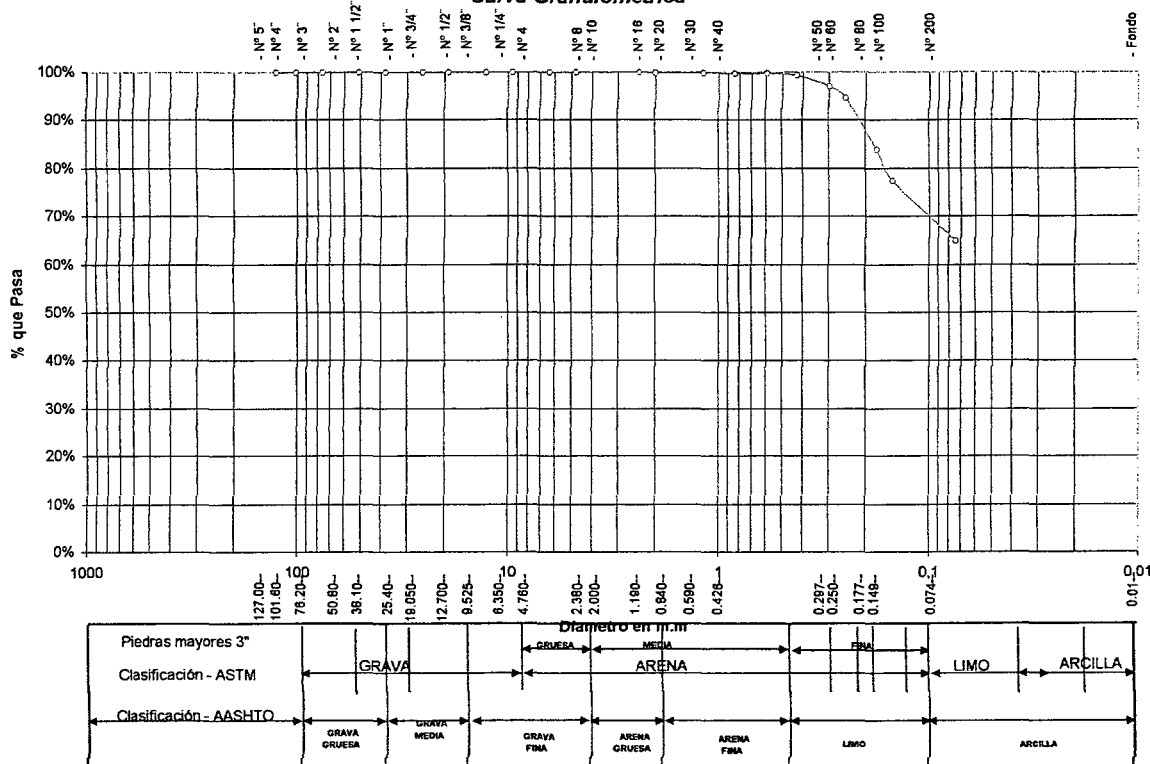
Fecha:

14/06/2009

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						
5"	127,00					Modulo de Fineza AF:
4"	101,60					Modulo de Fineza AG:
3"	76,20					Equivalente de Arena:
2"	50,80					Descripción Muestra:
1 1/2"	38,10					Grupo suelos partículas finas
1"	25,40					Sub-Grupo: Limos y arcillas con LL 34 50% CL A-6(9)
3/4"	19,050					Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color rojo con clasificación 7/9
1/2"	12,700					SUCS = CL AASHTO = A-6(9)
3/8"	9,525					LL = 38,89 WT = 3,00
1/4"	6,350					LP = 23,58 WT+SAL = 221,00
Nº 4	4,760			100,00%		IP = 15,31 WSAL = 218,00
Nº 8	2,380	0,14	0,06%	99,94%		IG = 9 WT+SDL = 79,48
Nº 10	2,000	0,06	0,03%	99,91%		D 90= %ARC. = 64,92
Nº 16	1,190	0,20	0,09%	99,82%		D 60= %ERR. = 0,00
Nº 20	0,840	0,10	0,05%	99,77%		D 30= Cc =
Nº 30	0,590	0,18	0,08%	99,69%		D 10= Cu =
Nº 40	0,426	0,85	0,39%	99,30%		DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
Nº 50	0,297	4,86	2,23%	97,07%		Suelo arcilloso inorgánico de plasticidad media, color rojo, de consistencia semi dura
Nº 60	0,250	5,46	2,50%	94,56%		resistencia en seco media, con dilatancia muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 64,92%
Nº 80	0,177	23,37	10,72%	83,84%		con LL = 38,89%, con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 35,08%
Nº 100	0,149	14,32	6,57%	77,28%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada
Nº 200	0,074	26,94	12,36%	64,92%		Número de tarro = 285
Fondo	0,01	141,52	64,92%	0,00%		Peso del agua = 44
TOTAL		218,00			A B	Peso del tarro = 3
						Peso del tarro + lms = 265
						Peso del tarro + lms = 221
						% Humedad Muestra = 20,18

Curva Granulometrica





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN





## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MÓVIL 429629312

MORALES - PERÚ

### REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				Elabora :	Bach. C.A.R.S.		
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES				Reviso :	Ing. HSM		
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTÍN				Técnico :	Ronamo		
Calicata N°	7	Nivel Aguas Freáticas N.P. (m)	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As.	333,00 (msnm)	ESPESOR	HUMEDAD
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo			CLASIFICACION			Foto
					AASHTO	SUCS	SIMBOLO	
333,00	I	Mezcla de suelos arenosos con mezcla de arcilla			A-8	Sm-Pl		
332,90								
	II	Suelo arcilloso inorganico de plasticidad media, color rojo, de consistencia semi dura resistencia en seco media, con dilatancia muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 64.92%, con LL=38.89% con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 35.08%			A-6(9)	CL		
		El suelo es la matriz de un conglomerado de gravas y arcillas con presencia de gravas areniscas desde 1/2" hasta 6"						
330,00								

OBSERVACIONES: Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M., (registro sin escala)



# **CALICATA**

**Nº 08**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arenoso arcillosos

Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Catcata:

Muestra:

Profundidad de la Muestra:

C-08

Fecha:

0,30- 3,00 m

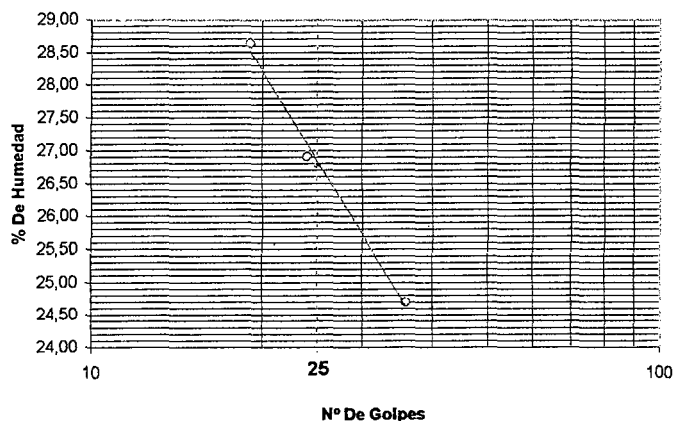
14/06/2009

**Determinación del Límite Líquido**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	54,65	54,34	54,29
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	99,56	98,76	98,45
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	89,56	89,34	89,70
PESO DEL AGUA grs	10,00	9,42	8,75
PESO DEL SUELO SECO grs	34,91	35,00	35,41
% DE HUMEDAD	28,65	26,91	24,71
NUMERO DE GOLPES	19	24	36

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Indice de Flujo Fi	-1,29
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	26,78
Límite Plástico (%)	18,09
Indice de Plasticidad Ip (%)	8,69
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-4(0)
Indice de consistencia Ic	2,29

**Determinación del Límite Plástico**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	54,65	54,63	54,56
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	85,67	86,04	85,32
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	80,91	81,23	80,61
PESO DEL AGUA grs	4,76	4,81	4,71
PESO DEL SUELO SECO grs	26,26	26,60	26,05
% DE HUMEDAD	18,11	18,08	18,08
% PROMEDIO	18,09		

**LÍMITE DE CONTRACCION ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Muestra: -

Descripción del Suelo: Suelo arenoso arcilloso

Profundidad de la Muestra: -

0,30- 3,00 m

Calicata: -

C-08

Hecho Por :

Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

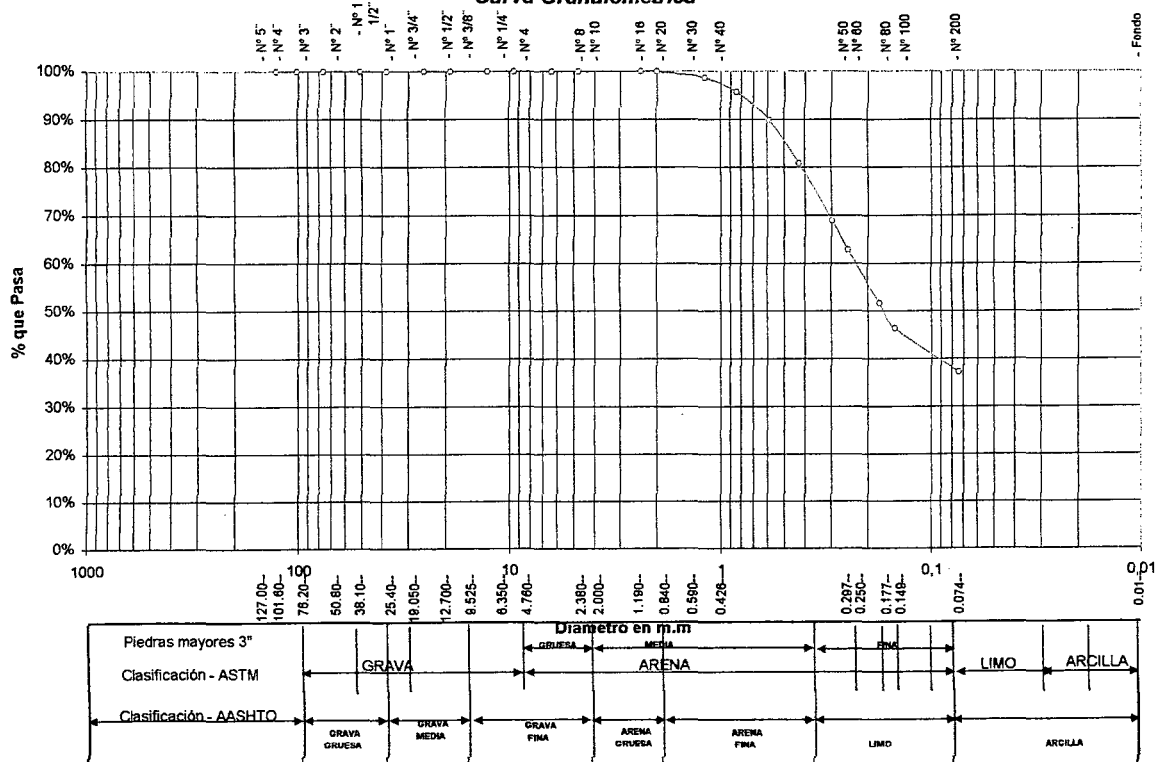
Fecha: -

14/06/2009

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
5" 127,00						Modulo de Fineza AG:
4" 101,60						Equivalente de Arena:
3" 76,20						Descripción Muestra:
2" 50,80						Grupo suelos partículas gruesas
1 1/2" 38,10						Sub-Grupo : Arenas
1" 25,40						Arena limo arcillosa con matriz de arcilla color anaranjado con clasificación 5/6
3/4" 19,050						SC A-4(0)
1/2" 12,700						SUCS = SC AASHTO = A-4(0)
3/8" 9,525						LL = 26,78 WT = 54,00
1/4" 6,350						LP = 18,09 WT+SAL = 333,45
Nº 4 4,760				100,00%		IP = 8,69 WSAL = 279,45
Nº 8 2,380	0,06	0,02%	0,02%	99,98%		IG = 0 WT+SDL = 229,44
Nº 10 2,000	0,09	0,03%	0,05%	99,95%		D 90= %WSDL = 175,44
Nº 16 1,190	3,64	1,30%	1,36%	98,64%		D 60= %ARC. = 37,22
Nº 20 0,840	8,28	2,96%	4,32%	95,68%		D 30= Cc = 0,00
Nº 30 0,590	16,07	5,75%	10,07%	89,93%		D 10= Cu =
Nº 40 0,426	25,16	9,00%	19,07%	80,93%		Observaciones :
Nº 50 0,297	33,73	12,07%	31,14%	68,86%		El suelo es una arena arcillosa de consistencia semi dura con finos de 37,22% de plasticidad baja
Nº 60 0,250	17,00	6,08%	37,23%	62,77%		LL = 26,78%, color anaranjado de densidad natural media, con matriz de arena fina a gruesa de compactación media, con una resistencia al corte de regular buena, con % de arena de 62,78%.
Nº 80 0,177	31,02	11,10%	48,33%	51,67%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada
Nº 100 0,149	14,79	5,29%	53,62%	46,38%		Número de tarro = 565
Nº 200 0,074	25,60	9,16%	62,78%	37,22%		Peso del tarro = 54
Fondo 0,01	104,01	37,22%	100,00%	0,00%		Peso del tarro + Mh = 352,8
TOTAL	279,45				A B	Peso del tarro + Ms = 333,45

Curva Granulometrica





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Telefono 522544 -fax 521402

Tarapoto - Perú

## REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					Elaboro :	Bach. C.A.R.S.				
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES					Reviso :	Ing. HSM				
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN					Técnico :	Ronamo				
Calicata N°	8	Nivel Aguas Freáticas N.P. (m)	Prof. Exc.	3,00	(m)	Cota As.	333,00	(msnm)	ESPESOR	HUMEDAD	Foto
Cota As. (m)	Estrato	Descripcion del Estrato de suelo				CLASIFICACION			(m)	(%)	
						AASHTO	SUCS	SIMBOLO			
333,00	I	Suelo arenoso limoso transportado color beige con presencia de raíces que se profundizan hasta los 0.60 m.				A-8	SM-Pt		0,40	5,67	
332,60	III	El suelo es una arena arcillosa de consistencia semi dura con finos de 37.22% , de plasticidad baja LL = 26.78%, color anaranjado de densidad natural media, con matriz de arena fina a gruesa de compactación media, con una resistencia al corte de regular buena, con % de arena de 62.78%.  Es preciso mencionar que este suelo contiene arena fina cuyo suelo proviene de una matriz de rocas de areniscas cuarzosas que se encuentran en el terreno a partir de 25 m				A-4(0)	SC		2,60	6,92	
330,00											

**OBSERVACIONES:** En la exploración se ha apreciado en un primer estrato que conforma un suelo arenoso limoso con raíces transportado de compactación suelta el cual deberá ser eliminado, es de ahí que se considerara terreno natural



**CALICATA**

**Nº 09**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calicata:

Kilometraje:

Profundidad de la Muestra:

0,30- 3,00 m

C-09

Fecha:

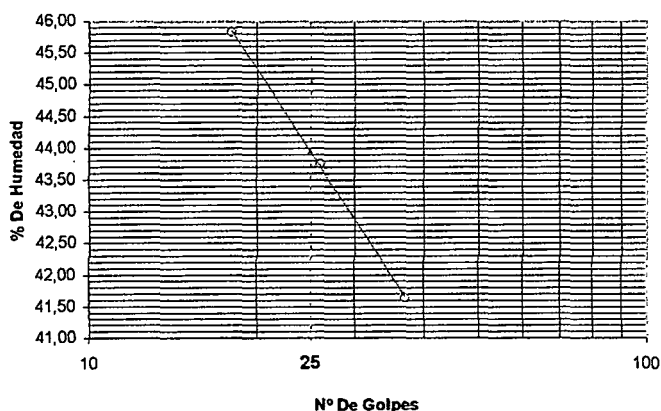
14/06/2009

**Determinación del Límite Líquido**

**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	54,31	54,19	54,29
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	112,53	114,60	111,22
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	94,23	96,21	94,48
PESO DEL AGUA grs	18,30	18,39	16,74
PESO DEL SUELO SECO grs	39,92	42,02	40,19
% DE HUMEDAD	45,84	43,76	41,65
NUMERO DE GOLPES	18	26	37

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Indice de Flujo Fi	0,12
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	43,94
Límite Plástico (%)	23,16
Indice de Plasticidad Ip (%)	20,78
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7(18)
Indice de consistencia Ic	0,88

**Determinación del Límite Plástico**

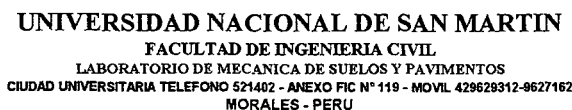
**ASTM D-4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	56,54	52,68	54,27
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	100,23	100,54	99,64
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	92,02	91,55	91,09
PESO DEL AGUA grs	8,21	8,99	8,55
PESO DEL SUELO SECO grs	35,48	38,87	36,82
% DE HUMEDAD	23,14	23,13	23,22
% PROMEDIO		23,16	

**LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427**

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

NR



Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Fecha: 14/06/2009

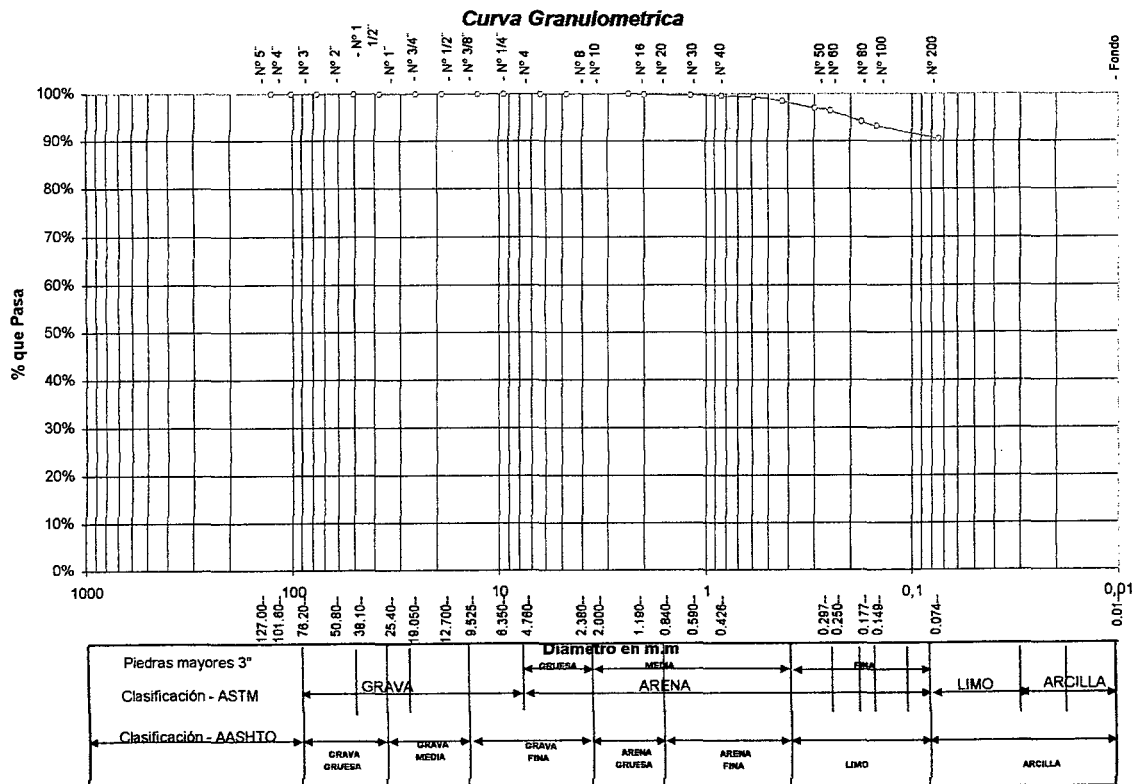
Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones:	Tamaño Máximo: Modulo de Fineza AF: _____ Modulo de Fineza AG: _____ Equivalente de Arena: _____
Ø	(mm)						Descripción Muestra: Grupo suelos partículas finas Sub-Grupo : Limos y arcillas con LL 3/4 50% CL A-7(18) Arcilla Inorgánica de mediana plasticidad color rojizo con clasificación 4/1
5"	127,00						SUCS = CL AASHTO = A-7(18)
4"	101,60						LL = 43,94 WT = 58,00
3"	76,20						LP = 23,16 WT+SAL = 453,00
2"	50,80						IP = 20,78 WSAL = 395,00
1 1/2"	38,10						IG = 18 WT+SDL = 95,63
1"	25,40						D 90= WSDL = 37,63
3/4"	19,050						D 60= %ARC. = 90,47
1/2"	12,700						D 30= %ERR. = 0,00
3/8"	9,525						D 10= Cc =
1/4"	6,350						Cu =
Nº 4	4,760				100,00%		
Nº 8	2,380	0,23	0,06%	0,06%	99,94%		
Nº 10	2,000	0,33	0,08%	0,14%	99,86%		
Nº 16	1,190	0,37	0,09%	0,24%	99,76%		
Nº 20	0,840	0,45	0,11%	0,35%	99,65%		
Nº 30	0,590	1,23	0,31%	0,66%	99,34%		
Nº 40	0,426	3,45	0,87%	1,53%	98,47%		
Nº 50	0,297	5,65	1,43%	2,96%	97,04%		
Nº 60	0,250	2,34	0,59%	3,56%	96,44%		
Nº 80	0,177	8,90	2,25%	5,81%	94,19%		
Nº 100	0,149	3,45	0,87%	6,68%	93,32%		
Nº 200	0,074	11,23	2,84%	9,53%	90,47%		
Fondo	0,01	357,37	90,47%	100,00%	0,00%		
<b>TOTAL</b>		<b>395,00</b>				A B	

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO**

*El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura arcilla delgada con arena, de plasticidad n con 90,47% de finos, color rojizo, con una resistencia al corte regular a deficiente de compresibilidad y expansión elevada en condiciones saturadas, arena en 9,53% del total de la muestra.*

**% de Humedad Natural de la muestra ensayada**

Número de tarro =	207	Peso del agua	101
Peso del tarro =	58	Peso suelo húmedo:	496
Peso del tarro + Mn =	554	Peso suelo seco	395
Peso del tarro + lts =	453	% Humedad Muestra:	25,57





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN



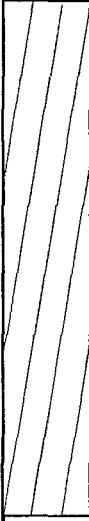

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MÓVIL 429629312

MORALES - PERÚ

## REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					Elabora :	Bach. C.A.R.S.				
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES					Reviso :	Ing. HSM				
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN					Técnico :	Ronamo				
Calicata N°	9	Nivel Aguas Freáticas N.P. (m)	Prof. Exc.	3,00	(m)	Cota As.	333,00	(msnm)	ESPESOR	HUMEDAD	Foto
Cota As.	Estrato	Descripción del Estrato de suelo				CLASIFICACION			(m)	(%)	
(m)						AASHTO	SUCS	SIMBOLO			
333,00	I	Mezcla de suelos arenosos con mezcla de arcilla con gravas desde 1/2" a 2 1/2", suelo contaminado				A-8	Gc-Pt		0,30	6,78	
332,70											
330,00	II	Suelo arcilloso inorgánico en estado natural de consistencia semi dura, arcilla delgada con arena, plasticidad media con 90.47% de finos , LL = 43.94%, con matriz de arcilla color rojiz, con una resistencia al corte de regular a deficiente, compresibilidad y expansión mediana a elevada en condición saturada.  El suelo es la matriz de un conglomerado de gravas y arcillas con presencia de gravas areniscas desde 1/2" hasta 6"				A-7(18)	CL		2,70	25,57	

OBSERVACIONES Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M. (registro sin escala)



# **CALICATA**

**Nº 10**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162

MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Hecho Por: Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calicata:

Calle:

Profundidad de la Muestra:

0,30- 3,00 m

C-10

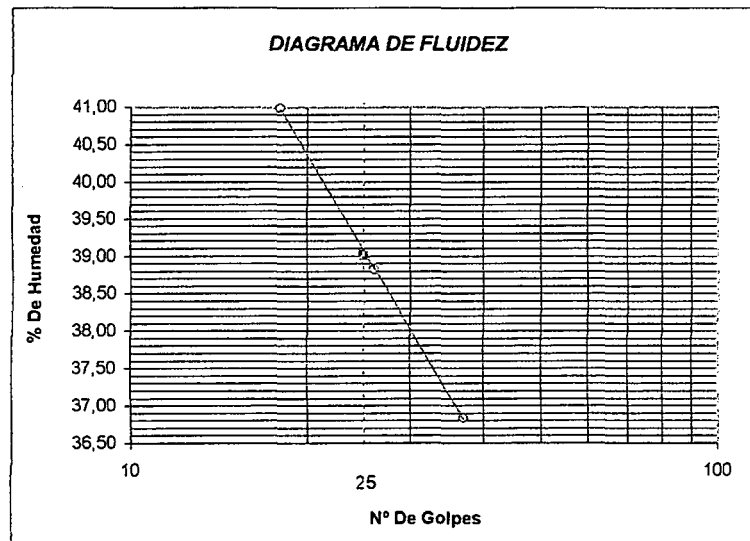
Fecha:

14/06/2009

## Determinación del Límite Líquido

ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	56,41	57,89	55,54
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	101,23	99,45	102,56
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	88,20	87,83	89,90
PESO DEL AGUA grs	13,03	11,63	12,66
PESO DEL SUELO SECO grs	31,79	29,94	34,36
% DE HUMEDAD	40,99	38,83	36,85
NUMERO DE GOLPES	18	26	37



Indice de Flujo Fi	-56,59
Límite de contracción (%)	NR
Límite Líquido (%)	39,02
Límite Plástico (%)	24,00
Indice de Plasticidad Ip (%)	15,02
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(9)
Indice de consistencia Ic	1,57

## Determinación del Límite Plástico

ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	35,28	11,87	14,56
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	67,54	42,65	45,89
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	61,29	36,69	39,83
PESO DEL AGUA grs	6,25	5,96	6,06
PESO DEL SUELO SECO grs	26,01	24,82	25,27
% DE HUMEDAD	24,01	24,01	23,98
% PROMEDIO	24,00		

LÍMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	N.R.
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-8627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Calle :

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso inorgánico

Profundidad de la Muestra:

0,30- 3,00 m

Calicata:

C-10

Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Fecha:

14/06/2009

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)					Modulo de Fineza AF:
5"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas finas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo : Limos y arcillas con LL 3/4 50% CL A-6(9)
1"	25,40					Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color rojizo con clasificación 7/9
3/4"	19,050					SUCS =
1/2"	12,700					CL
3/8"	9,525					AASHTO =
1/4"	6,350					WT
N° 4	4,760			100,00%		WT+SAL
N° 8	2,380	0,02	0,01%	99,99%		WSAL
N° 10	2,000	0,00	0,00%	99,99%		WT+SDL
N° 16	1,190	0,08	0,03%	99,97%		WSDL
N° 20	0,840	0,26	0,07%	99,91%		%ARC.
N° 30	0,590	0,78	0,20%	99,70%		%ERR.
N° 40	0,426	2,62	0,69%	99,01%		Cc
N° 50	0,297	8,08	2,12%	96,89%		Cu
N° 60	0,250	7,08	1,86%	95,03%		
N° 80	0,177	27,31	7,17%	87,86%		
N° 100	0,149	19,47	5,11%	82,74%		
N° 200	0,074	50,34	13,22%	69,52%		
Fondo	0,01	264,66	69,52%	100,00%		
TOTAL		380,70			A B	

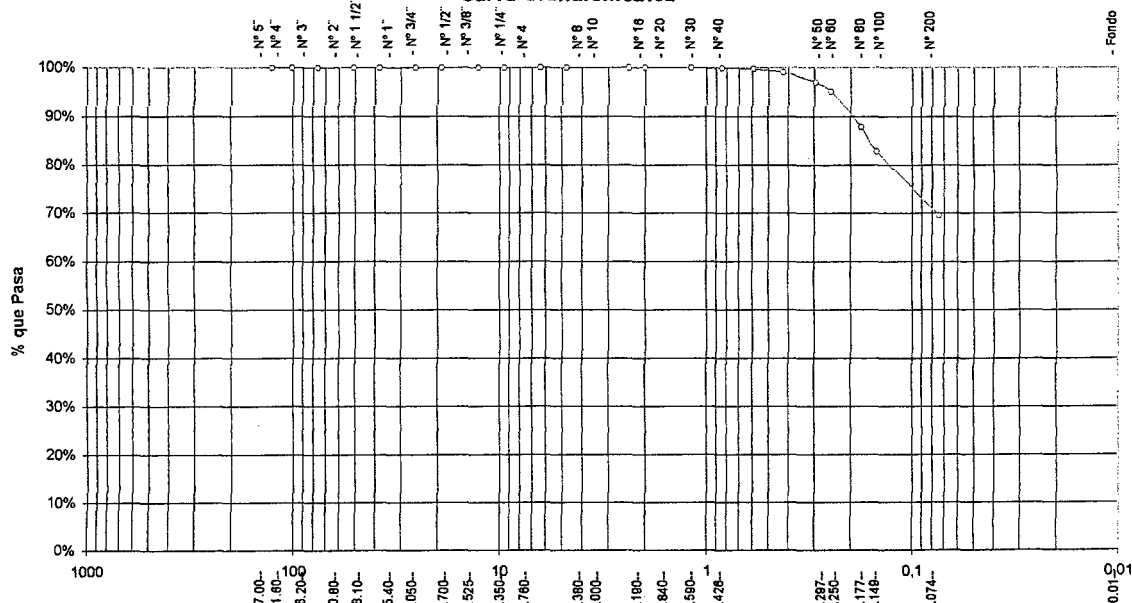
DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO

Suelo arcilloso inorgánico de plasticidad media, color rojizo, de consistencia dura resistencia en seco media, con dilatancia muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 69,52% con LL = 39,02%, con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 30,48%

% de Humedad Natural de la muestra ensayada

Número de tarro =	10	Peso del agua =	95
Peso del tarro =	58,3	Peso suelo húmedo =	475,7
Peso del tarro + Mh =	534	Peso suelo seco =	380,7
Peso del tarro + Ms =	439	% Humedad Muestra =	24,95

Curva Granulométrica



Diametro en mm	127.00	101.60	76.20	50.80	38.10	25.40	19.050	12.700	9.525	6.350	4.760	2.380	2.000	1.180	0.840	0.590	0.426	0.297	0.250	0.177	0.149	0.074	0.01
Clasificación - ASTM	Piedras mayores 3"		GRAVA		GRAVA		GRAVA		GRAVA		ARENA		ARENA		ARENA		LIMO		LIMO		ARCILLA		
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA		GRAVA MEDIA		GRAVA FINA		ARENA GRUESA		ARENA FINA		LIMO		LIMO		ARCILLA								



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN


## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MÓVIL 429629312

MORALES - PERÚ

## REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					Elaboro :		Bach. C.A.R.S.					
Proyecto :		ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES					Reviso :		Ing. HSM					
Ubicación		DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN					Técnico :		Ronamo					
Calicata N° 10		Nivel Aguas a -1.40 m		Prof. Exc. 3,00 (m)		Cota As. 328,00 (msnm)		Fecha :		15/06/2009				
Cota As. (m)		Estrato		Descripcion del Estrato de suelo		CLASIFICACION			ESPESOR		HUMEDAD		Foto	
						AASHTO SUCS SIMBOLO			(m)		(%)			
328,00		I		Mezcla de suelos arenosos con mezcla de arcilla con gravas desde 1/2" a 2 1/2", suelo contaminado		A-8 Gc-Pt			0,10		9,90			
327,90														
		II		Suelo arcilloso inorganico de plasticidad media, color rojizo, de consistencia dura con gravas desde 1/2" hasta 6" resistencia en seco media, con dilatancia muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 69,52% con LL = 39,02%, con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 30,48%		A-6(9) CL			1,40		24,95			
				El suelo es la matriz de un conglomerado de gravas y arcillas con presencia de gravas areniscas desde 1/2" hasta 6"		NIVEL A. INFILTA 1.40 M								
326,50														

OBSERVACIONES: Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M. (registro sin escala)



# CALICATA

Nº 11



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162

MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso

Hecho Por: Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Calicata:

Zona:

Profundidad de la Muestra:

C-11

Fecha:

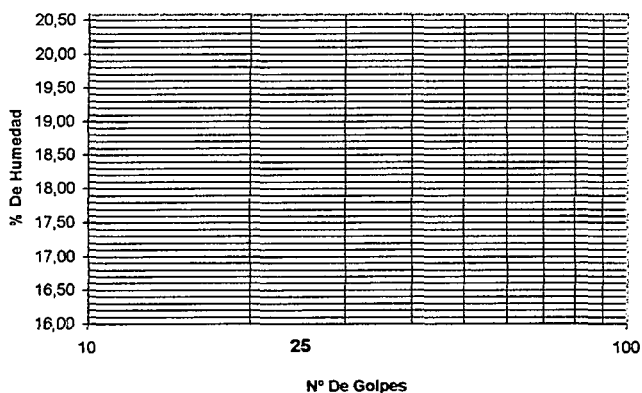
0,30- 3,00 m

15/06/2009

## Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		NT	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			

## DIAGRAMA DE FLUIDEZ



Índice de Flujo Fi	NT
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	NT
Límite Plástico (%)	NP
Índice de Plasticidad Ip (%)	NP
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Índice de consistencia Ic	NP

## Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs		NP	
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

## LÍMITE DE CONTRACCION ASTM D-427

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	N
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402 - ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312-9627162  
MORALES - PERU

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arenoso limoso Profundidad de la Muestra:

Hecho Por: Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Zona:

Calicata:

Fecha:

C-11

15/06/2009

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones:	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
5"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas gruesas
1 1/2"	38,10					Arena limosa con matriz de arena color blanquecino con trazas de arena marrón con clasificación 1/1
1"	25,40					Sub-Grupo: Arenas SM A-2-4(0)
3/4"	19,050					SUCS =
1/2"	12,700					SM
3/8"	9,525					AASHTO =
1/4"	6,350					A-2-4(0)
Nº 4	4,760					LL
Nº 8	2,380	1,77	0,59%	0,59%	99,41%	NT
Nº 10	2,000	1,98	0,66%	1,25%	98,75%	WT+SAL
Nº 16	1,180	12,09	4,03%	5,28%	94,72%	WSAL
Nº 20	0,840	25,56	8,52%	13,80%	86,20%	WT+SDL
Nº 30	0,590	35,10	11,70%	25,50%	74,50%	WSDL
Nº 40	0,426	50,90	16,97%	42,47%	57,53%	%ARC.
Nº 50	0,297	53,45	17,82%	60,28%	39,72%	%ERR.
Nº 60	0,250	20,58	6,86%	67,14%	32,86%	Cc
Nº 80	0,177	21,21	7,07%	74,21%	25,79%	Cu
Nº 100	0,149	6,78	2,26%	76,47%	23,53%	
Nº 200	0,074	30,12	10,04%	86,51%	13,49%	
Fondo	0,01	40,46	13,49%	100,00%	0,00%	
TOTAL	300,00					

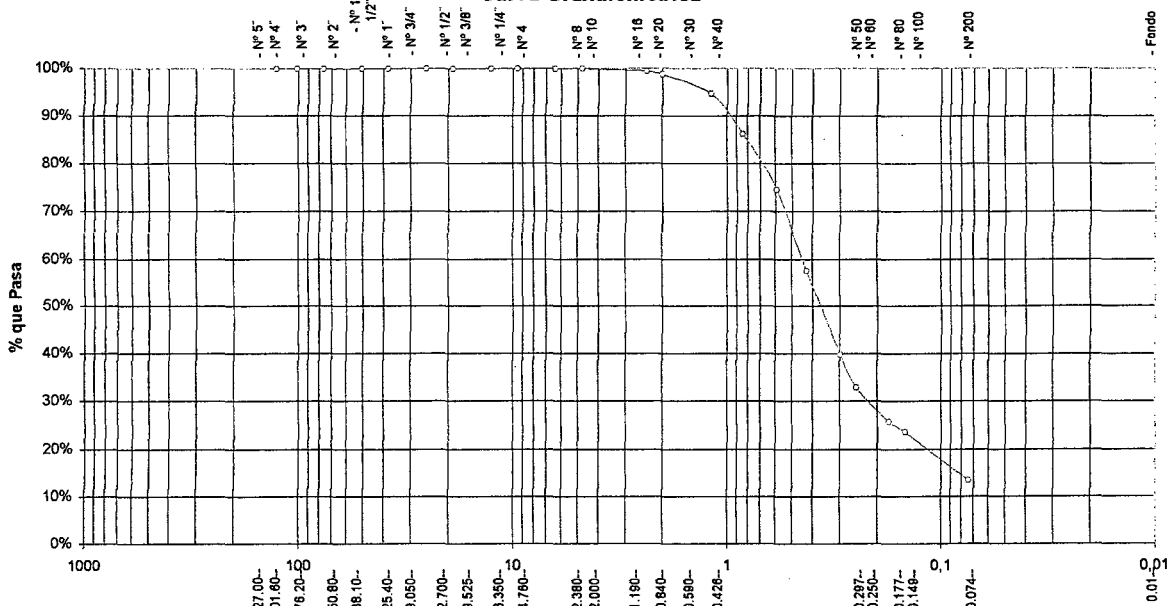
DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO

El suelo es una arena limosa, mezcla de arena, limo con 15.11 % de finos, color blanquecino con trazas de una arena color marrón, con una resistencia al corte regular, de compactad suelta finos no plasticos, arena saturada. N.A.J = -1.80

% de Humedad Natural de la muestra ensayada

Número de tarro =	45	Peso del agua =	65
Peso del tarro =	54	Peso suelo húmedo =	556
Peso del tarro + Mh =	610	Peso suelo seco =	491
Peso del tarro + Ms =	545	% Humedad Muestra =	13,24

Curva Granulométrica



Diametro en m.m	Clasificación - ASTM	Clasificación - AASHTO
125-100	Piedras mayores 3"	
75-47.5	GRAVA	GRAVA GRUESA
47.5-25	GRAVA	GRAVA MEDIA
25-12.5	GRAVA	GRAVA FINA
12.5-6.3	ARENA	ARENA GRUESA
6.3-3.0	ARENA	ARENA FINA
3.0-1.5	ARENA	
1.5-0.75	ARENA	
0.75-0.425	ARENA	
0.425-0.25	ARENA	
0.25-0.15	ARENA	
0.15-0.075	ARENA	
0.075-0.0425	LIMO	
0.0425-0.025	LIMO	
0.025-0.015	LIMO	
0.015-0.0075	LIMO	
0.0075-0.00425	ARCILLA	
0.00425-0.0025	ARCILLA	
0.0025-0.0015	ARCILLA	
0.0015-0.00075	ARCILLA	



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Telefono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312

MORALES - PERU

## REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL				Elaboro :	Bach. C.A.R.S.		
Proyecto :	ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES				Reviso :	Ing. HSM		
Ubicación	DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN				Técnico :	Ronamo		
Calicata N°	11	Nivel Aguas Freáticas a -0.60 m	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As 315,00 (msnm)	ESPESOR	HUMEDAD	Foto
Cota As. (m)	Estrato	Descripcion del Estrato de suelo	CLASIFICACION			(m)	(% )	
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO			
315,00	I	Suelo arcilloso inorgánico con mezcla de arcilla negra con presencia de raíces, material con olor característico	A-8	SM-Pt		0,30	30,64	
314,70								
		Suelo arenoso limoso, mezcla de arena y limo mal graduado de grano medio a fino, no plástico, con 13.49% de finos sin plasticidad, de color blanquecino con trazas de arena color marrón con una resistencia al corte de regular a buena, de compactación suelta; arena saturada N.A.I = - 0.60 m	A-2-4(0)	SM				
	II	A partir de los 3.00 metros nuevamente se encuentra la arcilla con las mismas características del segundo estrato.				2,00	13,24	
-2,00								

**OBSERVACIONES** Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas ASTM, (registro sin escala)



# **CALICATA**

**Nº 12**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto: ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES

Localización del Proyecto: DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Suelo arcilloso Inorganico

Hecho Por : Bachiller Cesar Augusto Rocha Sandoval

Revisado: -

Profundidad de la Muestra: 0,30- 3,00 m

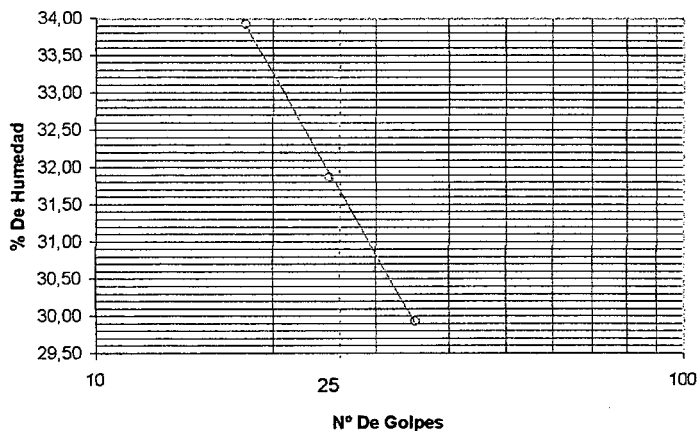
C-12 Fecha: 16/06/2009

## Determinación del Límite Líquido

ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	57,84	56,90	56,99
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	90,09	90,45	91,23
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	81,92	82,34	83,34
PESO DEL AGUA grs	8,17	8,11	7,89
PESO DEL SUELO SECO grs	24,08	25,44	26,35
% DE HUMEDAD	33,93	31,88	29,94
NUMERO DE GOLPES	18	25	35

## DIAGRAMA DE FLUIDEZ



Indice de Flujo Fi	-0,05
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	31,88
Límite Plástico (%)	18,78
Indice de Plasticidad Ip (%)	13,10
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(6)
Indice de consistencia Ic	1,05

## Determinación del Límite Plástico

ASTM D-4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	56,65	56,78	56,55
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	98,09	97,89	98,34
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	91,54	91,38	91,74
PESO DEL AGUA grs	6,55	6,51	6,60
PESO DEL SUELO SECO grs	34,89	34,60	35,19
% DE HUMEDAD	18,77	18,82	18,76
% PROMEDIO	18,78		

## LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427

Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

ND





Fecha: 16/06/2009

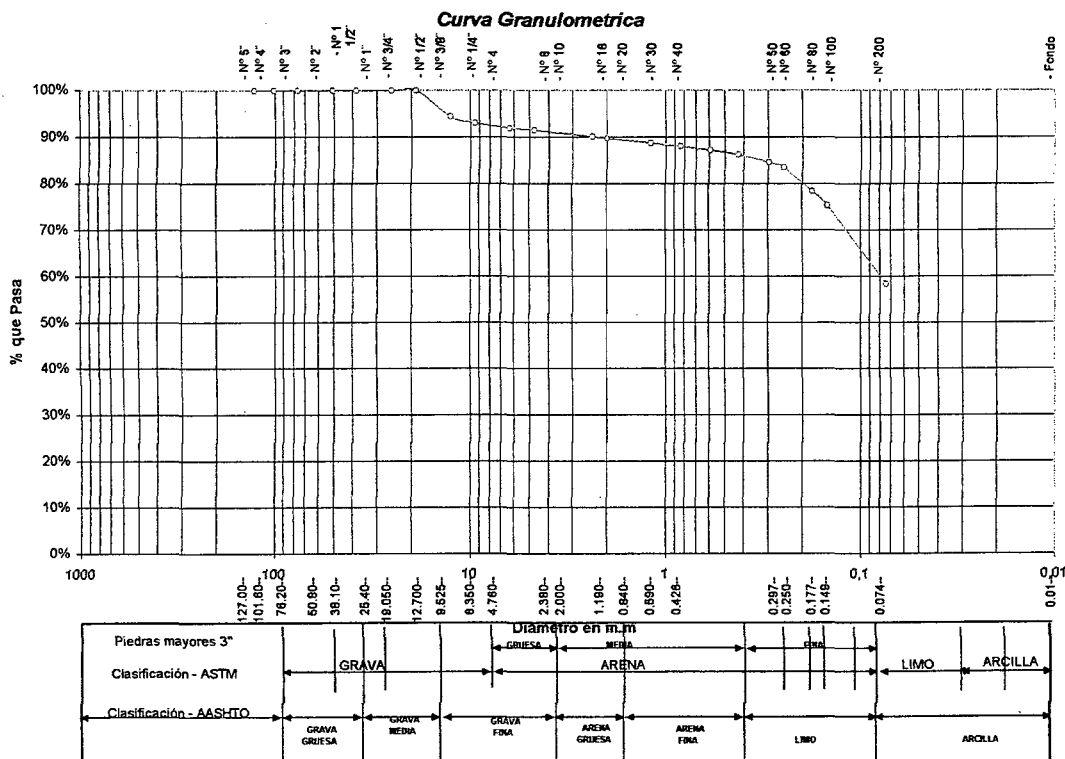
Tamices		Peso		% Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que	Especificaciones	Tamaño Máximo: Módulo de Fineza AF: Módulo de Fineza AG: Ecuivalente de Arena:	Descripción Muestra: Grupo suelos particulares finas	Sub-Grupo : Limos y arcillas con LL 3/4 50% CL A-6(6)
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Parcial	Acumulado	Pasa					
5"	127,00										
4"	101,60										
3"	76,20										
2"	50,80										
1 1/2"	38,10										
1"	25,40										
3/4"	19,050					100,00%					
1/2"	12,700	14,25	5,61%	5,61%	94,39%						
3/8"	9,525	3,55	1,40%	7,01%	92,99%						
1/4"	6,350	2,81	1,11%	8,11%	91,89%						
Nº 4	4,760	0,88	0,34%	8,45%	91,55%						
Nº 8	2,380	3,76	1,48%	9,93%	90,07%						
Nº 10	2,000	0,84	0,33%	10,26%	89,74%						
Nº 16	1,190	2,46	0,97%	11,23%	88,77%						
Nº 20	0,840	1,99	0,78%	12,02%	87,98%						
Nº 30	0,590	2,13	0,84%	12,85%	87,15%						
Nº 40	0,426	2,44	0,96%	13,81%	86,19%						
Nº 50	0,297	4,15	1,63%	15,45%	84,55%						
Nº 60	0,250	2,94	1,16%	16,61%	83,39%						
Nº 80	0,177	13,08	5,15%	21,76%	78,24%						
Nº 100	0,149	7,85	3,01%	24,77%	75,23%						
Nº 200	0,074	43,00	16,93%	41,70%	58,30%						
Fondo	0,01	148,09	58,30%	100,00%	0,00%						
<b>TOTAL</b>		254,00						A	B		

Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color marrón clasificación 4/1			
SUCS =	CL	AASHTO =	A-6(6)
LL =	31,88	WT =	54,00
LP =	18,78	WT+SAL =	308,00
IP =	13,10	WSAL =	254,00
IG =	6	WT+SDL =	159,91
		WSDL =	105,91
D 90=		%ARC. =	58,30
D 60=		%ERR. =	0,00
D 30=		Cc =	
D 10=		Cu =	

Observaciones :			
El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia dura arcilla delgada con arena, de plasticidad media con 58,30% de finos, color marrón, con una resistencia al corte regular a deficiente de compresibilidad y expansión elevada en condiciones saturadas, arena en 33,24% del total de la muestra.			
% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Número de tarro =	614	Peso del agua	46
Peso del tarro =	54	Peso suelo húmedo=	300
Peso del tarro + Mh =	354	Peso suelo seco =	254
Peso del tarro + Ms =	308	% Humedad Muestra	18,11





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN



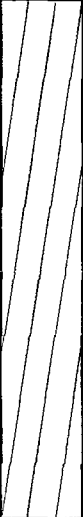

## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Telefono 521402 ANEXO FIC N° 119 - MOVIL 429629312

MORALES - PERU

## REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					Elaboro :		Bach. C.A.R.S.							
Proyecto :		ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DISTRITO DE MORALES					Reviso :		Ing. HSM							
Ubicación		DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTIN					Técnico :		Ronamo							
Calicata N° 12		Nivel Aguas No Presenta		Prof. Exc. 3,00 (m)		Cota As. 321,00 (msnm)		Fecha :		16/06/2009						
Cota As. (m)		Estrato		Descripcion del Estrato de suelo		CLASIFICACION			ESPESOR		HUMEDAD		Foto			
						AASHTO SUCS SIMBOLO			(m)		(%)					
321,00		I		Suelo arcilloso con mezcla de gravas de diámetros menores a 2" contaminados, suelo color negro		A-8		CL-Pt				0,35		6,78		
320,65																
		II		El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia dura arcilla delgada con arena, de plasticidad media con 58.30% de finos, color marrón con una resistencia al corte regular a deficiente, compresibilidad y expansión elevada en condiciones saturadas ,arena en 33.24% del total de la muestra		A-6(6)		CL				2,65		18,11		
318,00																

**OBSERVACIONES** Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M., (registro sin escala)



**CORTE DIRECTO**

**ZONA I**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

## ENSAYO DE CORTE DIRECTOM RESIDUAL

ASTM D3080

INFORME : LMS 2009  
PROYECTO : ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DIST. MORALES  
REALIZADO : BACH. CESAR AUGUSTO ROCHA SAN DOVAL  
UBICACIÓN : DISTRITO DE MORALES  
FECHA : JUNIO DEL 2009

DESCRIPCION DEL SUELO : ARCILLOSO  
ESTADO DEL SUELO : INALTERADO  
CERTIFICADO :  
DISPOSITIVO UTILIZADO : ELECTRONICO  
HORA DE ENSAYO : 8:34 AM

Sondaje : ZONA I

Profundidad : 0.20-3.00 m.

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : M-III

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS : CL

### ESPECIMEN 1

Altura : 20,00 mm  
Lado : 60,00 mm  
D. Seca : 1,63 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad : 17,19 %  
Esf. Normal : 0,56 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte : 0,46 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 2

Altura : 20,00 mm  
Lado : 60,00 mm  
D. Seca : 1,63 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad : 17,18 %  
Esf. Normal : 1,11 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte : 0,57 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 3

Altura : 20,00 mm  
Lado : 60,00 mm  
D. Seca : 1,63 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad : 17,15 %  
Esf. Normal : 1,67 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte : 0,67 kg/cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,19
0,06	0,13	0,24
0,12	0,16	0,28
0,18	0,18	0,33
0,30	0,21	0,38
0,45	0,24	0,42
0,60	0,26	0,47
0,75	0,28	0,50
0,90	0,30	0,53
1,05	0,32	0,56
1,20	0,34	0,59
1,50	0,35	0,61
1,80	0,36	0,62
2,10	0,38	0,65
2,40	0,40	0,68
2,70	0,41	0,70
3,00	0,42	0,72
3,60	0,44	0,75
4,20	0,45	0,75
4,80	0,46	0,76
5,40	0,46	0,76
6,00	0,46	0,75

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,13	0,12
0,06	0,17	0,15
0,12	0,21	0,19
0,18	0,24	0,22
0,30	0,28	0,25
0,45	0,31	0,28
0,60	0,34	0,30
0,75	0,36	0,32
0,90	0,39	0,35
1,05	0,42	0,37
1,20	0,44	0,38
1,50	0,46	0,40
1,80	0,47	0,41
2,10	0,48	0,42
2,40	0,50	0,43
2,70	0,51	0,44
3,00	0,53	0,45
3,60	0,54	0,46
4,20	0,55	0,46
4,80	0,56	0,47
5,40	0,56	0,46
6,00	0,57	0,46

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,16	0,09
0,06	0,21	0,13
0,12	0,26	0,16
0,18	0,30	0,18
0,30	0,36	0,21
0,45	0,39	0,23
0,60	0,41	0,24
0,75	0,45	0,26
0,90	0,48	0,28
1,05	0,52	0,31
1,20	0,54	0,32
1,50	0,57	0,33
1,80	0,58	0,34
2,10	0,59	0,34
2,40	0,61	0,35
2,70	0,61	0,35
3,00	0,64	0,36
3,60	0,64	0,36
4,20	0,66	0,37
4,80	0,67	0,37
5,40	0,66	0,36
6,00	0,67	0,36

### OBSERVACIONES:

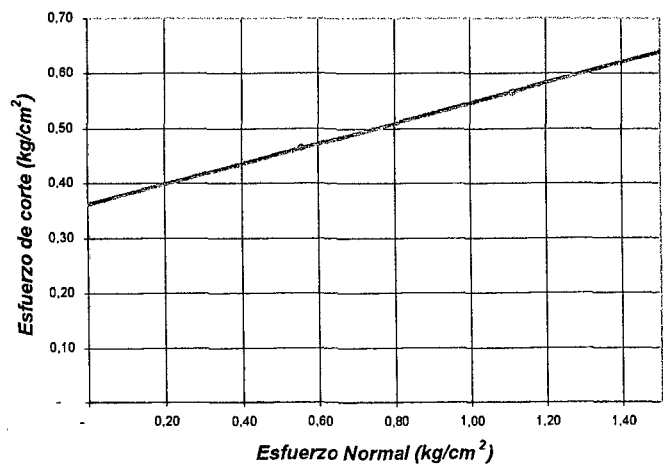
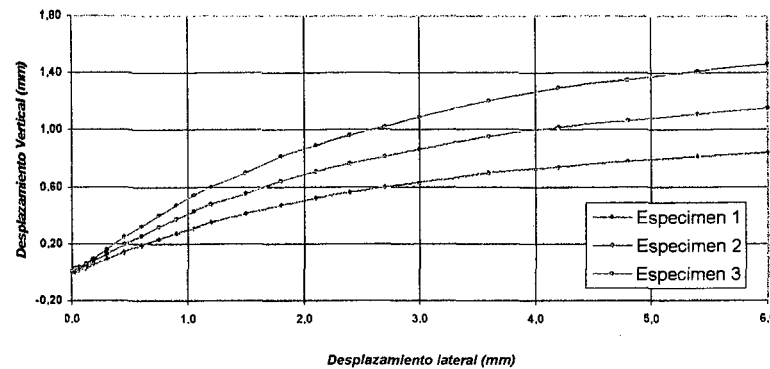
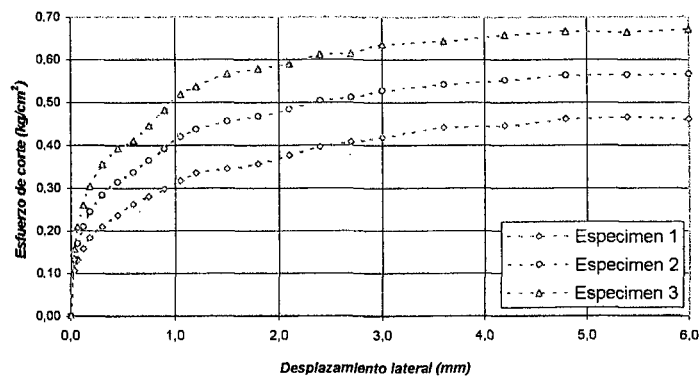
La muestra ha sido extraída de acuerdo a normas vigentes y establecidas en nuestro país, homologadas con normas internacionales



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS- FIC**  
 TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**

ASTM D3080



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
**ASTM D3080**

**PROYECTO :** ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DIST.MORALES  
**SOLICITANTE :** BACH. CESAR AUGUSTO ROCHA SAN DOVAL  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE MORALES  
**FECHA :** JUNIO DEL 2009

Sondaje : ZONA I  
 Muestra : M-III

Profundidad : 0.20-3.00 m.  
 Estado : INALTERADO

Nº ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,46	0,57	0,67

**Resultados:**

**Cohesión (c):** 0,37  $\text{kg/cm}^2$   
**Ang. Fricción ( $\phi$ ):** 10,9 °



**CORTE DIRECTO**

**ZONA II**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LMS 2009  
PROYECTO : ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DIST.MORALES  
REALIZADO : BACH. CESAR AUGUSTO ROCHA SAN DOVAL  
UBICACIÓN : DISTRITO DE MORALES  
FECHA : JUNIO DEL 2009

DESCRIPCION DEL SUELO: ARCILLOSO  
ESTADO DEL SUELO: INALTERADO  
CERTIFICADO : -  
DISPOSITIVO UTILIZADO : ELECTRONICO  
HORA DE ENSAYO : 7:23 AM

Sondaje : ZONA II

Profundidad : 0.30 - 3.00 m

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : M II

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS: CL

### ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm  
Lado : 60,00 mm  
D. Seca: 1,43 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 24,85 %  
Esf. Normal : 0,56 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte: 0,51 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm  
Lado : 60,00 mm  
D. Seca: 1,43 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 24,85 %  
Esf. Normal : 1,11 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte: 0,66 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm  
Lado : 60,00 mm  
D. Seca: 1,43 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 24,85 %  
Esf. Normal : 1,67 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte: 0,81 kg/cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,21
0,06	0,17	0,30
0,12	0,21	0,37
0,18	0,25	0,45
0,30	0,30	0,54
0,45	0,35	0,62
0,60	0,37	0,67
0,75	0,39	0,70
0,90	0,41	0,73
1,05	0,42	0,74
1,20	0,43	0,76
1,50	0,45	0,79
1,80	0,46	0,80
2,10	0,47	0,82
2,40	0,48	0,83
2,70	0,49	0,83
3,00	0,50	0,85
3,60	0,50	0,85
4,20	0,51	0,85
4,80	0,50	0,83
5,40	0,51	0,83
6,00	0,51	0,83

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,15	0,13
0,06	0,21	0,19
0,12	0,27	0,24
0,18	0,33	0,29
0,30	0,39	0,35
0,45	0,45	0,41
0,60	0,49	0,44
0,75	0,52	0,46
0,90	0,54	0,48
1,05	0,56	0,49
1,20	0,57	0,50
1,50	0,58	0,51
1,80	0,59	0,52
2,10	0,60	0,52
2,40	0,62	0,53
2,70	0,62	0,54
3,00	0,63	0,54
3,60	0,64	0,54
4,20	0,65	0,54
4,80	0,65	0,54
5,40	0,65	0,54
6,00	0,66	0,54

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,18	0,11
0,06	0,26	0,16
0,12	0,34	0,20
0,18	0,40	0,24
0,30	0,47	0,28
0,45	0,56	0,33
0,60	0,61	0,36
0,75	0,64	0,38
0,90	0,68	0,40
1,05	0,70	0,41
1,20	0,71	0,42
1,50	0,72	0,42
1,80	0,72	0,42
2,10	0,74	0,43
2,40	0,75	0,43
2,70	0,76	0,44
3,00	0,77	0,44
3,60	0,78	0,44
4,20	0,79	0,44
4,80	0,79	0,44
5,40	0,80	0,44
6,00	0,81	0,44

### OBSERVACIONES:

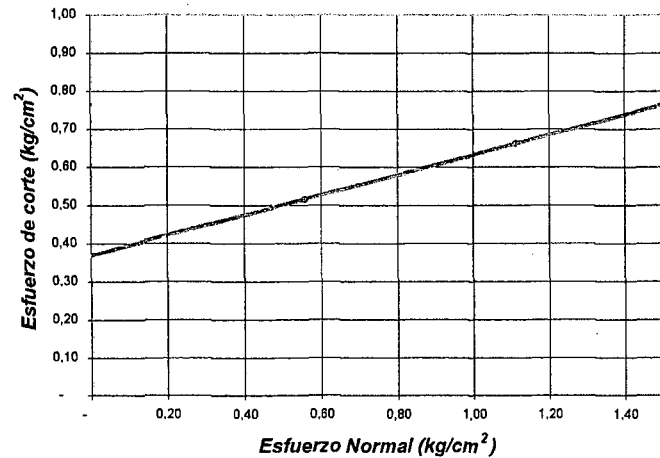
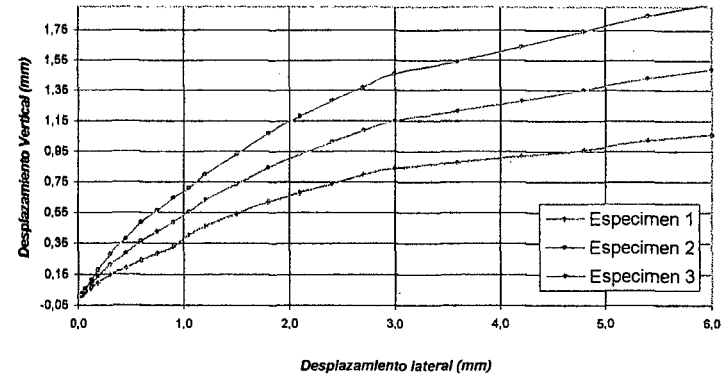
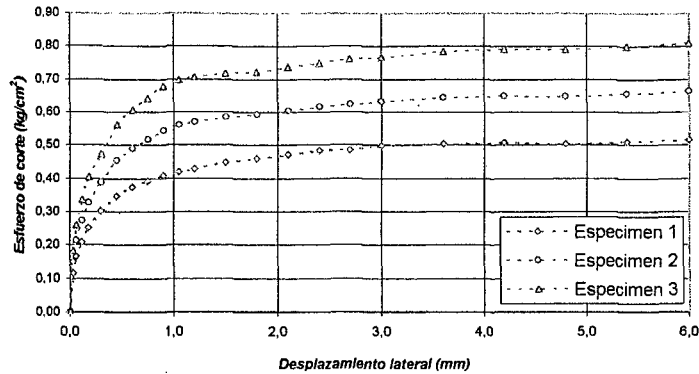
Las muestras han sido extraídas según normas regidas en nuestro país homologadas con normas internacionales



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS- FIC**  
 TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**

ASTM D3080



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
**ASTM D3080**

**PROYECTO :** ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DIST.MORALES  
**SOLICITANTE :** BACH. CESAR AUGUSTO ROCHA SAN DOVAL  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE MORALES  
**FECHA :** JUNIO DEL 2009

Sondaje : ZONA II  
 Muestra : M II

Profundidad : 0.30 - 3.00 m  
 Estado : INALTERADO

Nº ANILLO	1	2	3
Esfuerzo de Corte	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo Normal	0,51	0,66	0,81

**Resultados:**

**Cohesión (c):** 0,38  $\text{kg/cm}^2$   
**Ang. Fricción ( $\phi$ ):** 15,27 °





**CORTE DIRECTO**

**ZONA III**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL

ASTM D3080

INFORME : LMS 2009

PROYECTO : ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DIST. MORALES

REALIZADO : BACH. CESAR AUGUSTO ROCHA SAN DOVAL

UBICACIÓN : DISTRITO DE MORALES

FECHA : JUNIO DEL 2009

DESCRIPCION DEL SUELO:

ARCILLOSO

ESTADO DEL SUELO:

INALTERADO

CERTIFICADO

DISPOSITIVO UTILIZADO :

ELECTRONICO

HORA DE ENSAYO

9:12 AM

Sondaje : ZONA III

Profundidad : 0.35-3.00 m.

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : M-II

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS : CL

### ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm  
Lado: 60,00 mm  
D. Seca: 1,83 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 7,14 %  
Esf. Normal: 0,56 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte: 0,55 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm  
Lado: 60,00 mm  
D. Seca: 1,83 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 7,12 %  
Esf. Normal: 1,11 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte: 0,67 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm  
Lado: 60,00 mm  
D. Seca: 1,83 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 7,10 %  
Esf. Normal: 1,67 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte: 0,79 kg/cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,19
0,06	0,17	0,30
0,12	0,22	0,39
0,18	0,27	0,48
0,30	0,32	0,58
0,45	0,36	0,64
0,60	0,39	0,70
0,75	0,43	0,76
0,90	0,45	0,79
1,05	0,47	0,82
1,20	0,48	0,85
1,50	0,49	0,85
1,80	0,50	0,87
2,10	0,51	0,89
2,40	0,51	0,89
2,70	0,52	0,90
3,00	0,53	0,90
3,60	0,53	0,90
4,20	0,54	0,90
4,80	0,53	0,89
5,40	0,54	0,89
6,00	0,55	0,89

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,13	0,12
0,06	0,18	0,16
0,12	0,22	0,20
0,18	0,27	0,24
0,30	0,32	0,28
0,45	0,36	0,32
0,60	0,40	0,36
0,75	0,45	0,40
0,90	0,50	0,44
1,05	0,52	0,46
1,20	0,55	0,49
1,50	0,57	0,50
1,80	0,58	0,51
2,10	0,59	0,52
2,40	0,60	0,52
2,70	0,62	0,54
3,00	0,63	0,54
3,60	0,64	0,54
4,20	0,65	0,54
4,80	0,66	0,54
5,40	0,66	0,54
6,00	0,67	0,54

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,16	0,09
0,06	0,19	0,11
0,12	0,23	0,14
0,18	0,26	0,16
0,30	0,31	0,19
0,45	0,36	0,21
0,60	0,41	0,24
0,75	0,48	0,28
0,90	0,55	0,33
1,05	0,58	0,34
1,20	0,62	0,37
1,50	0,66	0,39
1,80	0,67	0,39
2,10	0,68	0,39
2,40	0,69	0,40
2,70	0,72	0,41
3,00	0,73	0,42
3,60	0,75	0,42
4,20	0,76	0,42
4,80	0,78	0,43
5,40	0,79	0,43
6,00	0,79	0,43

### OBSERVACIONES:

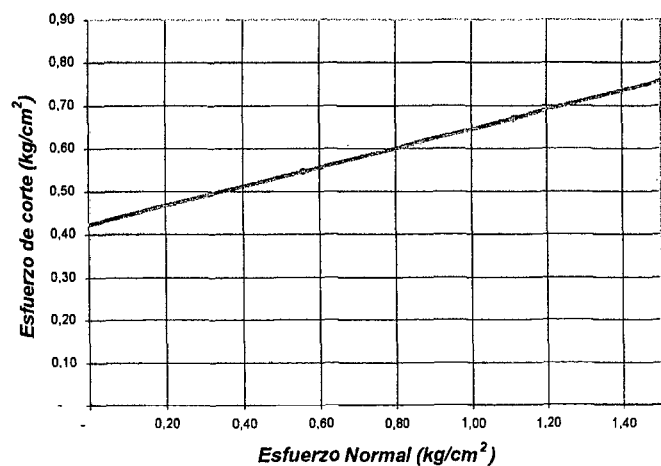
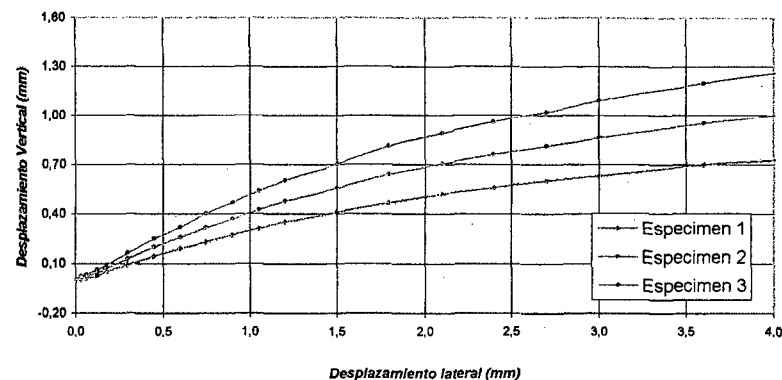
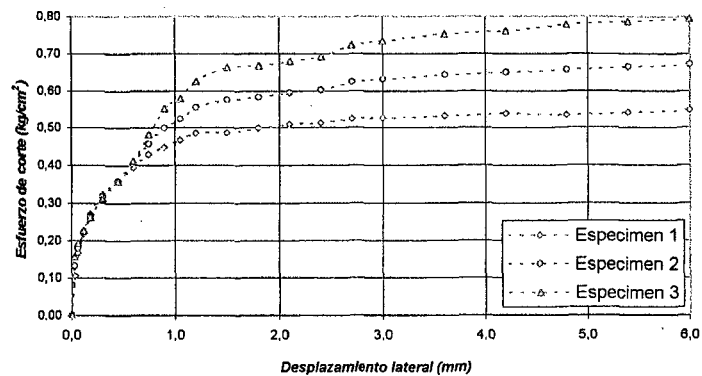
La muestra ha sido extraída de acuerdo a normas vigentes y establecidas en nuestro país, homologadas con normas internacionales



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS- FIC**  
 TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**

ASTM D3080



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
**ASTM D3080**

**PROYECTO :** ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DIST.MORALES  
**SOLICITANTE :** BACH. CESAR AUGUSTO ROCHA SAN DOVAL  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE MORALES  
**FECHA :** JUNIO DEL 2009

Sondaje : ZONA III  
 Muestra : M-II

Profundidad : 0.35-3.00 m.  
 Estado : INALTERADO

Nº ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,55	0,67	0,79

**Resultados:**

Cohesión (c):	0,43 kg/cm <sup>2</sup>
Ang. Fricción (φ):	12,5 °



**CORTE DIRECTO**

**ZONA IV**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

**INFORME :** LMS 2009 **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENOSO  
**PROYECTO :** ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DIST. MORALES **ESTADO DEL SUELO:** INALTERADO  
**REALIZADO :** BACH. CESAR AUGUSTO ROCHA SAN DOVAL **CERTIFICADO** -  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE MORALES **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO  
**FECHA :** JUNIO DEL 2009 **HORA DE ENSAYO** 11:15 AM

Sondaje : ZONA IV

Profundidad : 0,40 - 3,00 m

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : M II

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS: SM

### ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm  
Lado: 60,00 mm  
D. Seca: 1,79 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 8,76 %  
Esf. Normal: 0,56 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte: 0,37 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm  
Lado: 60,00 mm  
D. Seca: 1,79 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 8,73 %  
Esf. Normal: 1,11 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte: 0,68 kg/cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm  
Lado: 60,00 mm  
D. Seca: 1,80 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 8,70 %  
Esf. Normal: 1,67 kg/cm<sup>2</sup>  
Esf. Corte: 0,99 kg/cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,09	0,16
0,06	0,11	0,21
0,12	0,14	0,25
0,18	0,16	0,28
0,30	0,19	0,34
0,45	0,22	0,39
0,60	0,25	0,44
0,75	0,25	0,45
0,90	0,26	0,47
1,05	0,27	0,48
1,20	0,27	0,48
1,50	0,29	0,51
1,80	0,29	0,51
2,10	0,30	0,51
2,40	0,31	0,53
2,70	0,32	0,55
3,00	0,33	0,56
3,60	0,34	0,58
4,20	0,34	0,58
4,80	0,35	0,58
5,40	0,36	0,59
6,00	0,37	0,59

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,10
0,06	0,15	0,14
0,12	0,20	0,18
0,18	0,27	0,24
0,30	0,32	0,29
0,45	0,38	0,34
0,60	0,43	0,38
0,75	0,46	0,41
0,90	0,49	0,43
1,05	0,51	0,45
1,20	0,53	0,47
1,50	0,56	0,49
1,80	0,58	0,50
2,10	0,60	0,52
2,40	0,61	0,52
2,70	0,61	0,53
3,00	0,63	0,54
3,60	0,64	0,54
4,20	0,65	0,54
4,80	0,66	0,55
5,40	0,67	0,55
6,00	0,68	0,55

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0,00	0,00	0,00
0,03	0,14	0,08
0,06	0,19	0,11
0,12	0,27	0,16
0,18	0,37	0,22
0,30	0,45	0,27
0,45	0,54	0,32
0,60	0,62	0,37
0,75	0,67	0,40
0,90	0,71	0,42
1,05	0,75	0,44
1,20	0,78	0,46
1,50	0,82	0,48
1,80	0,86	0,50
2,10	0,90	0,52
2,40	0,91	0,52
2,70	0,91	0,52
3,00	0,92	0,53
3,60	0,93	0,53
4,20	0,95	0,53
4,80	0,97	0,54
5,40	0,98	0,54
6,00	0,99	0,54

### OBSERVACIONES:

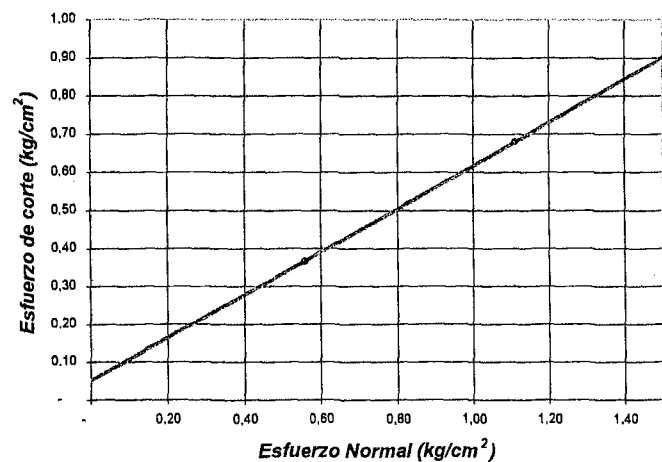
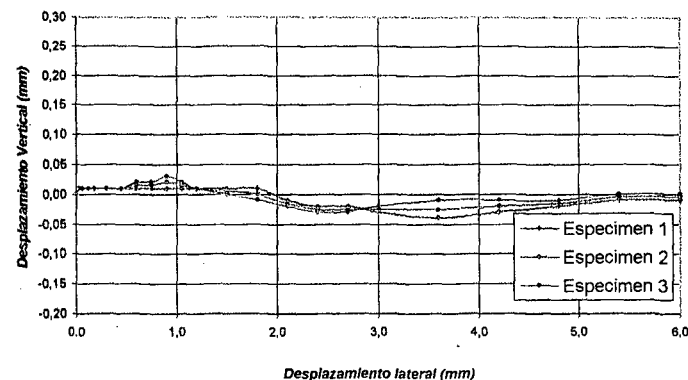
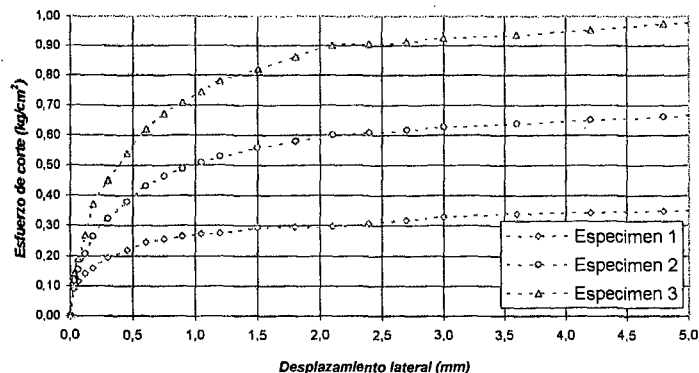
La muestra ha sido extraída de acuerdo a normas vigentes y establecidas en nuestro país, homologadas con normas internacionales



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS- FIC**  
 TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**

ASTM D3080



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
**ASTM D3080**

**PROYECTO :** ZONIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL DIST.MORALES  
**SOLICITANTE :** BACH. CESAR AUGUSTO ROCHA SAN DOVAL  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE MORALES  
**FECHA :** JUNIO DEL 2009

Sondaje : ZONA IV  
 Muestra : M II

Profundidad : 0,40 - 3,00 m  
 Estado : INALTERADO

Nº ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,37	0,68	0,99

**Resultados:**

**Cohesión (c):** 0,06  $\text{kg/cm}^2$   
**Ang. Fricción ( $\phi$ ):** 30,46 °